

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 2 年    1 月    9 日  
Date of Application:

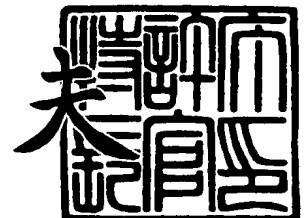
出 願 番 号                      特 願 2 0 0 2 - 0 0 2 7 2 9  
Application Number:  
[ST. 10/C] :                      [ J P 2 0 0 2 - 0 0 2 7 2 9 ]

出      願                      人                      株 式 会 社 ニ コ ン  
Applicant(s):

2 0 0 3 年    9 月 1 2 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康



出証番号    出証特 2 0 0 3 - 3 0 7 5 3 0 4

【書類名】 特許願

【整理番号】 NK14203000

【提出日】 平成14年 1月 9日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 26/08

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン  
    内

    【氏名】 石津谷 徹

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン  
    内

    【氏名】 鈴木 純児

【特許出願人】

    【識別番号】 000004112

    【氏名又は名称】 株式会社 ニコン

    【代表者】 嶋村 輝郎

【代理人】

    【識別番号】 100084032

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 三品 岩男

    【電話番号】 045(316)3711

【選任した代理人】

    【識別番号】 100104570

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 大関 光弘

    【電話番号】 045(316)3711

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100102820

【弁理士】

【氏名又は名称】 西村 雅子

【電話番号】 045(316)3711

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011992

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0117772

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光学素子、薄膜構造体、光スイッチ、および、光学素子の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板と、光反射部と、前記光反射部を前記基板上に支持する支持部とを有し、前記光反射部および支持部は、それぞれ、1以上の膜によって構成され、前記支持部は、一端が前記基板に固定され、他端が前記光反射部を構成する膜と接続され、前記一端から前記他端に向かって湾曲することにより、前記光反射部を構成する膜の主平面を、前記基板の主平面に対して非平行に支持していることを特徴とする光学素子。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の光学素子において、前記支持部は、前記光反射部を構成する膜の主平面を前記基板の主平面に対して垂直に支持していることを特徴とする光学素子。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 に記載の光学素子において、前記支持部は、熱膨張係数の異なる 2 以上の膜を積層した構成であることを特徴とする光学素子。

【請求項 4】

請求項 1, 2 または 3 に記載の光学素子において、前記光反射部を構成する膜の主平面と前記基板の主平面との角度を一定に維持するために、前記光反射部と前記基板との間には、角度保持部が挿入され、

前記角度保持部は、一端が前記基板に固定され、前記一端から他端に向かって湾曲した膜を含むことを特徴とする光学素子。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の光学素子において、前記角度保持部の前記膜の膜面は、前記光反射部の主平面に対して垂直であり、前記角度保持部の前記膜の側面が前記光反射部と接していることを特徴とする光学素子。

【請求項 6】

請求項 4 または 5 に記載の光学素子において、前記角度保持部は、前記光反射部の主平面の両側に少なくとも 1 以上つつ配置されていることを特徴とする光学素子。

【請求項 7】

請求項 4 に記載の光学素子において、前記角度保持部の前記膜の向きは、前記支持部を構成する膜の湾曲の向きと逆向きであり、

前記角度保持部の前記膜の前記他端には、第 2 の光反射部が接続され、該第 2 の光反射部は、前記光反射部と重なっていることを特徴とする光学素子。

【請求項 8】

請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の光学素子において、前記光反射部は、前記支持部の前記湾曲した膜の前記他端から前記基板に向けてつり下げられていることを特徴とする光学素子。

【請求項 9】

基板と、光反射部と、前記光反射部を前記基板上に支持する支持部とを有し、前記光反射部は、膜によって構成され、

前記支持部は、連結された 2 以上の部材からなり、該部材のうち第 1 の部材は、一端が前記基板に固定され、他端が他の部材を介して前記光反射部を構成する膜と接続され、前記第 1 の部材は、前記一端から前記他端に向かって湾曲することにより、前記光反射部を構成する膜の主平面を、前記基板の主平面に対して非平行に支持していることを特徴とする光学素子。

【請求項 10】

請求項 9 に記載の光学素子において、前記支持部は、第 2 の部材を含み、該第 2 の部材は湾曲した膜であり、該第 2 の部材の湾曲の向きは、前記第 1 の部材の湾曲の向きとは逆向きであることを特徴とする光学素子。

【請求項 11】

請求項 1 から 10 のいずれか 1 項に記載の光学素子において、前記光反射部を構成する膜は、周縁部に段差が形成されていることを特徴とする光学素子。

【請求項 12】

請求項 1 から 11 のいずれか 1 項に記載の光学素子において、前記支持部の温



度を調節するための温度調節部をさらに有することを特徴とする光学素子。

**【請求項 13】**

請求項 1 から 12 のいずれか 1 項に記載の光学素子において、前記光反射部は、該光反射部を構成する膜の成膜時に前記基板側であった面を光反射面として用いることを特徴とする光学素子。

**【請求項 14】**

基板と、平面板と、前記平面板を前記基板上に支持する支持部とを有し、  
前記支持部は、1 以上の膜によって構成され、  
前記支持部は、一端が前記基板に固定され、他端が前記平面板と接続され、前記一端から前記他端に向かって湾曲することにより、前記平面板の主平面を、前記基板の主平面に対して非平行に支持していることを特徴とする薄膜構造体。

**【請求項 15】**

基板と、平面板と、前記平面板を前記基板上に支持する支持部とを有し、  
前記支持部は、連結された 2 以上の部材からなり、該部材のうち第 1 の部材は、一端が前記基板に固定され、他端が他の部材を介して前記平面板と接続され、前記第 1 の部材は、前記一端から前記他端に向かって湾曲することにより、前記平面板の主平面を、前記基板の主平面に対して非平行に支持していることを特徴とする薄膜構造体。

**【請求項 16】**

ミラー部と、前記ミラー部を搭載した可動部とを有し、  
前記ミラー部は、光反射部と、前記光反射部を前記可動部上に支持する支持部とを有し、  
前記光反射部および支持部は、それぞれ、1 以上の膜によって構成され、  
前記支持部は、一端が前記可動部に固定され、他端が前記光反射部を構成する膜と接続され、前記一端から前記他端に向かって湾曲することにより、前記光反射部を構成する膜の主平面を、前記可動部の主平面に対して非平行に支持していることを特徴とする光スイッチ。

**【請求項 17】**

ミラー部と、前記ミラー部を搭載した可動部とを有し、

前記ミラー部は、光反射部と、前記光反射部を前記可動部上に支持する支持部とを有し、

前記光反射部は、膜によって構成され、

前記支持部は、連結された 2 以上の部材からなり、該部材のうち第 1 の部材は、一端が前記可動部に固定され、他端が他の部材を介して前記光反射部を構成する膜と接続され、前記第 1 の部材は、前記一端から前記他端に向かって湾曲することにより、前記光反射部を構成する膜の主平面を、前記可動部の主平面に対して非平行に支持していることを特徴とする光スイッチ。

#### 【請求項 18】

基板上に、開口を有する犠牲層を形成する工程と、

前記犠牲層上の前記開口にかかる位置に予め定めた形状の支持膜を形成するとともに、前記犠牲層上の前記支持膜の一端に接続される位置に光反射膜を形成する工程と、

前記犠牲層を除去することにより、前記支持膜の内部応力により前記支持膜を湾曲させて、前記光反射膜の主平面を前記基板の主平面に対して非平行に支持させることを特徴とする光学素子の製造方法。

#### 【請求項 19】

請求項 18 に記載の光学素子の製造方法において、前記犠牲層をレジストにより形成することを特徴とする光学素子の製造方法。

#### 【請求項 20】

請求項 18 または 19 に記載の光学素子の製造方法において、前記支持膜を熱膨張係数の異なる材料からなる 2 以上の層の積層体により形成することを特徴とする光学素子の製造方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、薄膜により形成された光学素子、および、この光学素子を備えた光スイッチに関するものである。

##### 【0002】

**【従来の技術】**

微小なミラーをアクチュエータにより移動させて光路中に挿入することにより、光路を切り換える光スイッチが例えば特開 2001-42233 号公報に記載されている。この光スイッチは、マイクロマシニング技術によって、微小なミラーを搭載した可動電極板を形成している。微小なミラーは、反射面が可動電極板の主平面に対して垂直である。可動電極板と対向する位置には、固定電極が配置され、可動電極板と固定電極との間に電圧を印加することにより、静電力により、可動電極板を移動させる。これにより、微小なミラーを光路中に挿入したり、光路中から取り出したりする構造である。

**【0003】**

上記特開 2001-42233 号公報記載の光スイッチでは、可動電極板上にミラーを形成するために、可動電極板となる薄膜上に、ミラーの高さ分の厚さを有するフォトリジスト膜を形成し、フォトリジスト膜にミラーの形状のエッチングホールを設け、エッチングホール内にめっき法に金属膜を成長させた後、フォトリジスト膜を除去している。

**【0004】**

また、特開 2001-142008 号公報にも、微小なミラーをアクチュエータ上に搭載し、アクチュエータによりミラーを光路中に移動させて、光路を切り換える光スイッチが開示されている。

**【0005】**

また、Sensors and Actuators A, 33(1992)249-256、"Microfabricated Hinges" には、基板上にプレートとなる膜を成膜し、このプレートを基板に対して垂直に起こすことにより、基板に垂直なプレートを形成することが開示されている。プレートとなる膜の形成プロセスにおいて、プレートの一方の端部と、基板とを接続するヒンジ構造を形成している。このヒンジを中心にプレートを起こし、微細な垂直構造体を形成している。

**【0006】****【発明が解決しようとする課題】**

上記特開 2001-42233 号公報記載の光スイッチの微小なミラーは、上

述のように、ミラーの高さ分だけ厚く形成されたフォトレジスト膜にエッチングホールを設け、このエッチングホールにめっき法により金属膜を充填することにより形成される。このため、ミラー面は、エッチングホールの側面の表面形状を反転した形状となる。現状のフォトレジスト膜のエッチング技術では、エッチングホールの側面の主平面に対する角度を制御することは難しく、しかも、側面の表面粗さを滑らかにすることも難しい。このため、特開 2001-42233 号公報記載の方法で、可動電極板に対して反射面が垂直で、反射率の高いミラーを製造することは困難であった。

#### 【0007】

また、特開平 2001-142008 号公報には、微小なミラー構造および製造方法についての詳しい記載はなされていない。

#### 【0008】

また、Sensors and Actuators A, 33(1992)249-256、"Microfabricated Hinges" に記載のプレートをヒンジにより垂直に起こして支える構成を、光スイッチのミラーに応用することが考えられるが、薄膜プロセスで形成されたプレートを、薄膜プロセスで形成された立体構造のヒンジにより垂直に支える構成であるため、ガタが生じやすく、強度も得にくい。このため、基板面に対してプレートを垂直に維持することは難しい。

#### 【0009】

本発明は、光束を所望の方向へ反射可能な反射部を備えた光学素子を提供することを目的とする。

#### 【0010】

##### 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明によれば、以下のような光学素子が提供される。

#### 【0011】

すなわち、基板と、光反射部と、前記光反射部を前記基板上に支持する支持部とを有し、

前記光反射部および支持部は、それぞれ、1 以上の膜によって構成され、

前記支持部は、一端が前記基板に固定され、他端が前記光反射部を構成する膜と接続され、前記一端から前記他端に向かって湾曲することにより、前記光反射部を構成する膜の主平面を、前記基板の主平面に対して非平行に支持していることを特徴とする光学素子である。

#### 【0012】

上記光学素子において、前記支持部は、前記光反射部を構成する膜の主平面を前記基板に対して垂直に支持している構成にすることが可能である。

#### 【0013】

上記光学素子において、前記支持部は、熱膨張係数の異なる2以上の膜を積層した構成にすることが可能である。

#### 【0014】

上記光学素子において、前記光反射部を構成する膜の主平面と前記基板の主平面との角度を一定に維持するために、前記光反射部と前記基板の間には、角度保持部が挿入され、前記角度保持部は、一端が前記基板に固定され、前記一端から他端に向かって湾曲した膜を有する構成にすることが可能である。

#### 【0015】

上記光学素子において、前記角度保持部の前記膜の膜面は、前記光反射部の主平面に対して垂直であり、前記角度保持部の前記膜の側面が前記光反射部と接している構成にすることが可能である。

#### 【0016】

上記光学素子において、前記角度保持部は、前記光反射部の主平面の両側に少なくとも1以上ずつ配置されている構成にすることが可能である。

#### 【0017】

上記光学素子において、前記角度保持部の前記膜の湾曲の向きは、前記支持部を構成する膜の湾曲の向きと逆向きであり、

前記角度保持部の前記膜の他端には、第2の光反射部が接続され、該第2の光反射部は、前記光反射部と重なっている構成にすることが可能である。

#### 【0018】

上記光学素子において、前記光反射部は、前記支持部の前記湾曲した膜の前記

他端から前記基板に向けてつり下げられている構成にすることが可能である。

【0019】

また、本発明によれば、以下のような光学素子が提供される。

【0020】

すなわち、基板と、光反射部と、前記光反射部を前記基板上に支持する支持部とを有し、

前記光反射部は、膜によって構成され、

前記支持部は、連結された2以上の部材からなり、該部材のうち第1の部材は、一端が前記基板に固定され、他端が他の部材を介して前記光反射部を構成する膜と接続され、前記第1の部材は、前記一端から前記他端に向かって湾曲することにより、前記光反射部を構成する膜の主平面を、前記基板の主平面に対して非平行に支持していることを特徴とする光学素子である。

【0021】

上記光学素子において、前記支持部は、第2の部材を含み、該第2の部材は湾曲した膜であり、該第2の部材の湾曲の向きは、前記第1の部材の湾曲の向きとは逆向きである構成にすることが可能である。

【0022】

上記光学素子において、前記光反射部を構成する膜は、周縁部に段差が形成されている構成にすることが可能である。

【0023】

上記光学素子において、前記支持部の温度を一定に維持するための温度調節部をさらに有する構成にすることが可能である。

【0024】

上記光学素子において、前記光反射部は、該光反射部を構成する膜の成膜時に前記基板側であった面を光反射面として用いる構成にすることが可能である。

【0025】

また、本発明によれば、以下のような薄膜構造体が提供される。

【0026】

すなわち、基板と、平板と、前記平板を前記基板上に支持する支持部とを

有し、

前記支持部は、1以上の膜によって構成され、

前記支持部は、一端が前記基板に固定され、他端が前記平面板と接続され、前記一端から前記他端に向かって湾曲することにより、前記平面板の主平面を、前記基板の主平面に対して非平行に支持していることを特徴とする薄膜構造体である。

#### 【0027】

また、本発明によれば、以下のような薄膜構造体を提供される。

#### 【0028】

すなわち、基板と、平面板と、前記平面板を前記基板上に支持する支持部とを有し、

前記支持部は、連結された2以上の部材からなり、該部材のうち第1の部材は、一端が前記基板に固定され、他端が他の部材を介して前記平面板と接続され、前記第1の部材は、前記一端から前記他端に向かって湾曲することにより、前記平面板の主平面を、前記基板の主平面に対して非平行に支持していることを特徴とする薄膜構造体である。

#### 【0029】

また、本発明によれば、以下のような光スイッチが提供される。

#### 【0030】

すなわち、ミラー部と、前記ミラー部を搭載した可動部とを有し、

前記ミラー部は、光反射部と、前記光反射部を前記可動部上に支持する支持部とを有し、

前記光反射部および支持部は、それぞれ、1以上の膜によって構成され、

前記支持部は、一端が前記可動部に固定され、他端が前記光反射部を構成する膜と接続され、前記一端から前記他端に向かって湾曲することにより、前記光反射部を構成する膜の主平面を、前記可動部の主平面に対して非平行に支持していることを特徴とする光スイッチである。

#### 【0031】

また、本発明によれば、以下のような光スイッチが提供される。

**【0032】**

すなわち、ミラー部と、前記ミラー部を搭載した可動部とを有し、  
前記ミラー部は、光反射部と、前記光反射部を前記可動部上に支持する支持部とを有し、

前記光反射部は、膜によって構成され、

前記支持部は、連結された2以上の部材からなり、該部材のうち第1の部材は、一端が前記可動部に固定され、他端が他の部材を介して前記光反射部を構成する膜と接続され、前記第1の部材は、前記一端から前記他端に向かって湾曲することにより、前記光反射部を構成する膜の主平面を、前記可動部の主平面に対して非平行に支持していることを特徴とする光スイッチである。

**【0033】**

また、本発明によれば、以下のような光学素子の製造方法が提供される。

**【0034】**

すなわち、基板上に、開口を有する犠牲層を形成する工程と、

前記犠牲層上の前記開口にかかる位置に予め定めた形状の支持膜を形成するとともに、前記犠牲層上の前記支持膜の一端に接続される位置に光反射膜を形成する工程と、

前記犠牲層を除去することにより、前記支持膜の内部応力により前記支持膜を湾曲させて、前記光反射膜の主平面を前記基板の主平面に対して非平行に支持させることを特徴とする光学素子の製造方法である。

**【0035】**

上記光学素子の製造方法において、前記犠牲層をレジストにより形成する方法にすることが可能である。

**【0036】**

上記光学素子の製造方法において、前記支持膜を熱膨張係数の異なる2以上の層の積層体により形成する方法にすることが可能である。

**【0037】****【発明の実施の形態】**

以下、本発明の一実施の形態について図面を用いて説明する。

**【0038】**

(第1の実施の形態)

第1の実施の形態の光スイッチを図1 (a), (b), 図2、図3、図4を用いて説明する。

**【0039】**

光スイッチは、図2、図3、図4のように凹部13が形成された半導体基板11と、可動板21と、可動板21を前記基板11上に支持する2本のバネ部27a, 27bとを有する。可動板21の上には、ミラー12が搭載されている。基板11の下部には、ミラー12の温度を設定した温度に維持するために、例えばペルチェ素子等の温度調節素子（不図示）が配置されている。

**【0040】**

ミラー12は、図1に示したように、反射部101と、これを可動板21上に支持する支持部102とにより構成されている。反射部101はAl膜からなる。反射部101のAl膜の外縁部は、剛性を出すために段差が形成され、縁101aを形成している。支持部102は、窒化シリコン膜102aとAl膜102bとを積層した膜からなり、可動板21側に窒化シリコン膜102aが位置している。支持部102の先端の接続部102dには、反射部101が固定され、他端は凸型に屈曲されて脚部102cを構成している。脚部102cは可動板21に固定されている。

**【0041】**

支持部102は、窒化シリコン膜102aとAl膜102bの熱膨張係数の差異によって生じる応力ならびに成膜時に生じた応力により、脚部102cから先端の接続部102dまで円弧状に湾曲し、反射部101の主平面を可動板21の主平面に対して所望の角度、本実施の形態では垂直に支持している。支持部102の膜構造の場合、温度が高温になると湾曲の曲率半径が大きくなり、温度が低温になると湾曲の曲率半径が小さくなる性質を有する。また、支持部102の湾曲の曲率半径は、窒化シリコン膜102aとAl膜102bの膜厚等に依存する。よって、支持部102は、温度調節素子（不図示）によって維持される温度において、反射部101の主平面を可動板21の主平面に対して垂直に支持する湾

曲状態となるように、支持部 102 の窒化シリコン膜 102a と Al 膜 102b の膜厚等、および、脚部 102c から先端の接続部 102d までの長さは、予め設計されている。

#### 【0042】

一方、可動板 21 は、図 3 のように積層された 2 層の絶縁膜 22、26 と、それらの間に配置された電極膜 23a とにより構成されている。2 層の絶縁膜 22、26 としては、例えば窒化シリコン膜または酸化シリコン膜を用いることができる。電極膜 23a は、Al 膜等の金属膜により構成される。バネ部 27a、27b は、上記絶縁膜 22、26 を図 2 のように曲がりくねった形状にパターンニングすることによりバネ性を持たせている。よって、可動板 21 は、図 2、図 3、図 4 の Z 軸方向に移動可能である。なお、バネ部 27b には、絶縁膜 22、26 の間に、配線 23b が配置されている。配線 23b は、一端が電極膜 23a に接続され、他端は外部の電源と接続するために基板 11 の上面側または下面側に引き出されている。

#### 【0043】

よって、本実施の形態の光スイッチは、配線 23b を外部電源に接続して、図 6 に示すように可動板 21 の電極膜 23a と、半導体基板 11 との間に電圧 V を印加すると、電極膜 23a と半導体基板 11 とが静電力によって引き合い、可動板 21 は、図 5 のように半導体基板 11 の凹部 13 の底面に引きつけられる。また、電圧 V を印加していない状態では、可動板 21 は、バネ部 27a、27b が伸縮する力により、基板 11 の上面位置に保持される。これにより、電極膜 23a と半導体基板 11 との間に電圧 V を印加するか否かにより、図 6 のように、可動板 21 の位置を基板 11 の上面位置（上側位置）または凹部 13 の底面位置（下側位置）に切り換えて配置することができる。これに伴い、可動板 21 に搭載されているミラー 12 も上側位置または下側位置に配置される。

#### 【0044】

よって、本実施の形態の光スイッチを使用する場合には、図 3 のように、可動板 21 が上側位置にあるときのミラー 12 の反射部 101 と交差する位置に光路 130 を設定する。これにより、電極膜 23b と基板 11 との間に電圧 V を印加

していない場合には、可動板 21 が上側位置にあるため、光路 130 中にミラー 12 が挿入された状態となり、x 方向から入射した入射光はミラー 12 により反射されて y 方向に偏向される。一方、電圧 V を印加した場合には、図 5 のように可動板 21 が下側位置に移動するため、ミラー 12 は光路 130 からはずれ、入射光はミラー 12 の上を通過し、そのまま直進する。このように、本実施の形態の光スイッチは、電極膜 23a と基板 11 との間に電圧 V を印加するかどうかにより、入射光の進行方向を切り換えることができる。

#### 【0045】

本実施の形態の光スイッチは、ミラー 12 として、A1 膜からなる反射部 101 を支持部 102 によって垂直に支持しているため、A1 膜の膜面を反射面とすることができ、反射率が高い。また、支持部 102 は、温度を制御することにより、反射部 101 を垂直に維持することができるため、入射光の反射方向を精度良く定めることができる。

#### 【0046】

以下、本実施の形態の光スイッチの製造方法を図 7 (a), (b)、図 8 (c) ~ (g)、図 9 (h) を用いて説明する。

#### 【0047】

図 7 (a) のように半導体基板 11 として、シリコン基板を用意し、必要に応じて駆動回路や配線等を予め形成しておく。この基板 11 の表面に SiO<sub>2</sub> 膜 32 を成膜する。SiO<sub>2</sub> 膜 32 には、基板 11 とバネ部 27a, 27b とが接続される部分に開口を設けておく。SiO<sub>2</sub> 膜 32 上に、可動板 21 とバネ部 27a, 27b を構成する絶縁膜 22 を成膜し、その上に電極膜 23a および配線 23b となる A1 膜を成膜する。その後、A1 膜を電極膜 23a および配線 23b の形状にフォトリソグラフィーの手法によりパターンニングする。さらに、この上に、絶縁膜 26 を成膜し、絶縁膜 22、26 をフォトリソグラフィーの手法により、可動板 21 およびバネ部 27a, 27b の形状にパターンニングする（図 7 (a) 参照）。つぎに、図 7 (b) のように SiO<sub>2</sub> 膜 32 にエッチングホール 32a を形成する。このエッチングホール 32a は、後の工程で基板 11 に凹部 13 を形成する際に、エッチング液を基板 11 まで到達させるために用いられる。

## 【0048】

上記工程により形成された可動板 21 の上に、ミラー 12 を形成する。この工程を図 8 (c) ~ (g) を用いて説明する。図 8 (c) ~ (g) は、可動板 21 の上面部を拡大して示している。まず、可動板 21 の上に、厚さ  $1.5 \mu\text{m}$  のレジスト層 81 を形成する。レジスト層 81 に、支持部 102 の脚部 102c となる位置に、フォトリソグラフィーの手法により開口 81a を設ける (図 8 (c))。つぎに、レジスト層 81 上に、再び厚さ  $1.5 \mu\text{m}$  のレジスト層 82 を形成し、フォトリソグラフィーの手法により、ミラー 12 の反射部 101 の位置を残して除去し、レジスト層 82 のアイランドを形成する (図 8 (d))。これらレジスト層 81, 82 は、最終的には除去される層 (犠牲層) である。

## 【0049】

レジスト層 81, 82 の上に厚さ 5000 オングストロームの Al 膜を蒸着し、フォトリソグラフィーとエッチングの手法により、ミラー 12 の反射部 101 の形状にパターニングする (図 8 (e))。反射部 101 の Al 膜の下には、レジスト層 82 のアイランドが形成されているため、アイランドの縁で反射部 101 の Al 膜に段差が形成され、反射部 101 の縁 101a が形成される。さらに、全面に窒化シリコン膜 102a と Al 膜 102b を蒸着により成膜し、フォトリソグラフィーとエッチングの手法により、支持部 102 の形状にパターニングする。窒化シリコン膜 102a と Al 膜 102b の厚さは、いずれも 2000 オングストロームである。支持部 102 の窒化シリコン膜 102a と Al 膜 102b のうち、開口 81a の内部に形成された部分は、脚部 102c を構成する。また、支持部 102 の先端の接続部 102d は、反射部 101 の Al 膜に積層されたことにより、反射部 101 と接続される。

## 【0050】

つぎに、KOH 溶液をエッチングホール 32a を介して基板 11 に注入し、基板 11 をエッチングし、凹部 13 を形成する (図 9 (h))。この後、残存している SiO<sub>2</sub> 膜 32 を除去する。これにより、可動板 21 は、図 3、図 4 のようにバネ部 27a, 27b により凹部 13 の上部に支持された状態となる。ただし、この状態では、ミラー 12 は、まだ立ち上がっていないため、犠牲層であるレ

ジスト層 81, 82 をアッシングにより除去する。これにより、図 1 (a) に示したようにミラー 12 は、脚部 102c のみで可動板 21 に固定される構造となり、支持部 102 は、窒化シリコン膜 102a と Al 膜 102b の成膜時の応力、ならびに、熱膨張係数の差異により生じる応力により湾曲して立ち上がり、反射部 101 を支持する。

#### 【0051】

よって、温度調節素子（不図示）により、支持部 102 の温度を予め定めた温度に調節することにより、支持部 102 は、図 1 (a) のように、反射部 101 の主平面（反射面）を可動板 21 の主平面に対して垂直に支持する位置まで湾曲する。これにより、可動板 21 の上にミラー 12 の反射面が垂直に支持された光スイッチを得ることができる。

#### 【0052】

上述してきたように、本実施の形態のミラー 12 は、製造時には可動板 21 の主平面に平行に形成された反射部 101 の主平面を、支持部 102 が湾曲することにより 90 度持ち上げる構成であるため、反射部 101 の反射面は、反射部 101 を構成する Al 膜の成膜時の上面または下面である。このため、反射面を滑らかに形成でき、反射部 101 の反射率として、高反射率をえることができる。また、反射部 101 の反射面の向きは、温度調節により、可動板 21 に主平面に対して垂直にすることができる。よって、本実施の形態のミラー 12 を備えた光スイッチは、入射光を、高い反射率で所望の方向に偏向することが可能である。

#### 【0053】

なお、反射部 101 の反射面としては、成膜時の上面側および下面側の両面を用いることができるが、図 1 (a) のように、成膜時の Al 膜の下面側（可動板 21 側の面）を反射面として用いた場合に、より高い反射率を得ることができる。というのは、反射部 101 を構成する Al 膜には、成膜後のフォトリソグラフィ等におけるベーク工程や乾燥工程により、加熱されて表面に微細な凹凸が生じることがある。また、現像液や犠牲層のアッシング工程等により条件によっては、Al 膜の表面が荒れることがある。このため、このような微細な凹凸や表面の荒れが生じない Al 膜の下面側を反射面として用いることにより、より高反射

率を得ることが可能である。

#### 【0054】

また、上述の第1の実施の形態では、ペルチェ素子等の温度調節素子を用いて、ミラー12の支持部102の温度を制御し、反射部101の反射面を可動板21の主平面に垂直、もしくは所望の角度に維持する構成であるが、温度調節素子の代わりに、ミラー12に光を照射して温度を調節し、支持部102の湾曲を制御することも可能である。この場合、光スイッチとしてスイッチングすべき入射光が反射部101に入射する面とは、逆側の面に温度調節のための光を反射部101に入射させるか、もしくは、支持部102に直接温度調節のための光を照射することにより、支持部102の温度を制御することができる。この場合、温度調節のための光の強度を制御することにより、反射部102の反射面の可動板21の主平面に対する角度を変化させることができるため、これにより、スイッチングする光を反射する方向を変えることも可能である。

#### 【0055】

(第2の実施の形態)

つぎに、第2の実施の形態の光スイッチを図10(a), (b)を用いて説明する。

#### 【0056】

第2の実施の形態の光スイッチは、第1の実施の形態の光スイッチのミラー12に代えて、図10(a), (b)のミラー112を可動板21に搭載したものである。ミラー112以外の光スイッチの構成は、第1の実施の形態と同じであるので説明を省略する。

#### 【0057】

第2の実施の形態のミラー112は、第1の実施の形態のミラー12と同様に、反射部101を、湾曲した支持部102によって支持するという構成であるが、図10(a)に示すように、反射部101の主平面方向形状を左右に張り出した形状とし、3本の支持部102によって支持している。反射部101の膜構造、および、支持部102の膜構造は、第1の実施の形態と同じである。

#### 【0058】

また、3本の支持部102の間に、2本のストップ部91、92を配置している。ストップ部91、92は、支持部102と同じ膜構造であり、支持部102と同様に湾曲して立ち上がっている。ストップ部91、92の膜の膜面は、反射部101に対して垂直に向けられている。このため、ストップ部91の側面91aとストップ部92の側面は、反射部101の片側の面と接し、反射部101が、支持部102の湾曲によって図10(a)の点線で示した位置101eに向かうのを押し戻している。

#### 【0059】

第1の実施の形態で説明したように、2層構造の支持部102は、温度によって湾曲の曲率半径が変化するため、第1の実施の形態のミラー12で一定の湾曲状態を維持するためには、温度調節が必要であった。第2の実施の形態のミラー112は、室温近傍で支持部102の湾曲の曲率半径が、反射部101を可動板21の主平面に対して垂直に支持する曲率半径よりも小さくなるように、すなわち図10(a)の点線の位置101eに示したように反射部101が90度以上の角度に傾むくように、支持部102の長さおよび膜厚を定めておき、ストップ部91、92が側面91a等で反射部101を垂直な位置まで押し戻すようにしている。これにより、温度調節素子を用いることなく、反射部101を垂直に維持することができる。なお、ストップ部91、92の湾曲状態も温度によって変化するが、反射部101と接している側面91a等の位置は製造時の位置から変化しないため、温度変化があっても、常に反射部101を垂直に維持できる。

#### 【0060】

ストップ部91、92の側面91a等の位置は、製造時のフォトリソグラフィの工程により、反射部101に対して精度良く位置合わせすることができるため、第2の実施の形態のミラー112は、反射部101の主平面を、可動板21の主平面に対して精度良く垂直に支持することができる。

#### 【0061】

なお、ストップ部91、92の先端部には、剛性を高めるために、膜に段差をつけることにより形成した凸部91d、92dが配置されている。

#### 【0062】

第2の実施の形態のミラー112の製造手順は、第1の実施の形態のミラー12とはほぼ同じであるが、反射部101となるAl膜のパターニング時、ならびに、支持部102の窒化シリコン膜102aとAl膜102bのパターニング時に、それぞれ図11に示したような形状にパターニングを行う。また、支持部102をパターニングする際に、同時に、同じ窒化シリコン膜102aおよびAl膜102bを、図11のストップ部91、92の形状にパターニングする。ただし、犠牲層のレジスト膜82をアイランド状に加工する際に、ストップ部91、92の凸部91d、92dの形成すべき部分にもアイランドを残すようにする。これにより、犠牲層のレジスト膜81、82をアッシングにより除去することにより、支持部102が湾曲して立ち上がるのと同時に、ストップ部91、92も湾曲して立ち上がって、図10(a)、(b)の形状となり、反射部101を可動板21の主平面に対して垂直に支持する構造となる。

#### 【0063】

本実施の形態のミラー112を搭載した光スイッチは、温度調節装置を用いることなく、反射率の高い反射部101を可動板21に対して垂直に精度良く保持でき、光を所望の方向に精度良く反射することができる。

#### 【0064】

なお、本実施の形態のミラー112を搭載した光スイッチは、第1の実施の形態の光スイッチと同じように温度調節装置を用いても良い。温度調節装置を用いた場合には、温度変化によってストップ部が変形しないため、ストップ部の変形により反射部101に擦り傷を生じさせる恐れがないという効果が得られる。

#### 【0065】

(第3の実施の形態)

つぎに、第3の実施の形態の光スイッチを図12を用いて説明する。

#### 【0066】

第3の実施の形態の光スイッチは、第1の実施の形態の光スイッチのミラー12に代えて、図12のミラー113を可動板21に搭載したものである。ミラー113以外の光スイッチの構成は、第1の実施の形態と同じであるので説明を省略する。

## 【0067】

第3の実施の形態のミラー113は、第2の実施の形態のミラー112と同様の構造であるが、反射部101を挟んでストップ部91、92と向かい合う位置に、さらにストップ部93、94を配置している点がミラー112とは異なっている（ストップ部94は、図12では不図示）。犠牲層のレジスト層81、82の除去前の反射部101、ストップ部91、92、93、94の形状を図13に示す。犠牲層のレジスト層81、82除去後のストップ部93、94は、ストップ部91、92と同様に、側面93a等が反射部101と接し、反射部101を支持する。よって、反射部101は、両側からストップ部91、92、93、94で支えられているため、何らかの要因で外部から反射部101を倒す方向に力が加わった場合にも、ストップ部91、92、93、94が支え、反射部101を可動板21に対して垂直に保つことができる。このため、外部からの力に対して強度の大きなミラー113を提供することができる。

## 【0068】

第3の実施の形態のミラー113を製造する手順について図13、図14（a）～（e）を用いて説明する。ミラー113の製造手順は、第1および第2の実施の形態のミラー12、112とはほぼ同様であるが、支持部102およびストップ部91、92、93、94のパターニングの後で反射部101を形成するという手順をとる。

## 【0069】

まず、可動板21の上に、レジスト層81を形成し、支持部102の脚部102c、ならびに、ストップ部91、92、93、94の脚部91c、92c、93c、94cを形成するべき位置に、開口81aをフォトリソグラフィーにより形成する（図14（a））。つぎに、ストップ部91、92、93、94の先端の凸部91d、92d、93d、94dを形成すべき位置に、レジストアイランド（不図示）を形成する。全面に、窒化シリコン膜102aおよびAl膜102bを順に成膜し、フォトリソグラフィーとエッチングの手法により、図13に示した支持部102、および、ストップ部91、92、93、94の形状にパターニングする。つぎに、全面にレジスト層141を形成し、支持部102の接続部

102dとなる位置に開口141aを形成する(図14(c))。この上にさらに、レジスト層82を形成し、反射部101の縁101aの内側形状部分を残して除去し、レジストアイランドを形成する。レジスト層82の支持部102の接続部102dとなる位置に開口82aを形成する(図14(d))。全面に、A1膜101を形成し、フォトリソグラフィーとエッチングの手法により、反射部101の形状にパターニングする(図14(d)および図13)。最後に、アッシングにより、犠牲層のレジスト層81, 141, 82を除去する。これにより、支持部102およびストップ部91, 92, 93, 94が立ち上がり、図12のミラー113を製造することができる。

#### 【0070】

(第4の実施の形態)

つぎに、第4の実施の形態の光スイッチを図15(a)を用いて説明する。

#### 【0071】

第4の実施の形態の光スイッチは、第1の実施の形態の光スイッチのミラー12に代えて、図15(a)のミラー116を可動板21に搭載したものである。ミラー116以外の光スイッチの構成は、第1の実施の形態と同じであるので説明を省略する。

#### 【0072】

第4の実施の形態のミラー116は、2枚のミラー114, 115を2枚重ね合わせて立脚させた構成である。2枚のミラー114, 115それぞれ、反射部101を2本の支持部102によって支持した構成である。ただし、図15(b)に示すように、製造時のパターニングの際に、ミラー114は、反射部101の反射面が凹面となるように縁101aの段差を形成しているのに対し、ミラー115は、反射部101の反射面が凸面となるように縁101aの段差を形成している。また、ミラー114, 115の支持部102は、いずれも、反射部101を室温で90度以上の角度に傾斜して支持する状態に湾曲するように、膜厚および長さが設計されている。したがって、犠牲層のレジスト層81等を除去すると、2枚のミラー114, 115は、支持部102の湾曲により、いずれも90度以上の角度まで傾斜しようとするため、お互いに90度の角度に達した位置で

ぶつかり、傾斜しようとする力がバランスすることにより、2枚の反射部101が可動板21に対して垂直な状態で平衡状態となる。このとき、ミラー114、115の反射部101の凹凸形状が互いに噛み合わさってミラー114、115が密着した状態ではずれにくくなる。

#### 【0073】

このように、第4の実施の形態のミラー116は、支持部102の湾曲する力のバランスによって、反射部101の主平面が可動板21に対して垂直に保持された、ミラー116を提供することができる。

#### 【0074】

なお、第4の実施の形態のミラーは、ミラー114、115が、互いに噛み合う凹凸形状の反射部101を有しているが、この形状に限らず反射部101の凸形状をいずれか一方のミラーのみが備え、他方は、縁101aのみで、中央部は開口とした形状にすることも可能である。また、ミラー114、115の反射部101は、噛み合う形状でなくてもよく、両方の反射部101を平面にすることも可能である。

#### 【0075】

(第5の実施の形態)

つぎに、第5の実施の形態の光スイッチを図16を用いて説明する。

#### 【0076】

第5の実施の形態の光スイッチは、第1の実施の形態の光スイッチのミラー12に代えて、図16のミラー117を可動板21に搭載したものである。ミラー117以外の光スイッチの構成は、第1の実施の形態と同じであるので説明を省略する。

#### 【0077】

第5の実施の形態のミラー117は、反射部101を2本の支持部102から下向き（可動板21側）につり下げた形状である。この構造では、反射部102の可動板21からの高さが低く、可動板21が移動した場合にも反射部102が振動しにくいという利点がある。ミラー117の製造手順は、第1の実施の形態のミラー12と同様であるが、反射部101および支持部102をパターンニング

する際に、図 17 に示したような形状にパターンニングすることにより製造することができる。

#### 【0078】

なお、本実施の形態の光スイッチは、第 1 の実施の形態の光スイッチと同様に温度調節装置を用いることが好ましい。

#### 【0079】

(第 6 の実施の形態)

つぎに、第 6 の実施の形態の光スイッチを図 18 を用いて説明する。

#### 【0080】

第 6 の実施の形態の光スイッチは、第 1 の実施の形態の光スイッチのミラー 12 に代えて、図 18 のミラー 118 を可動板 21 に搭載したものである。ミラー 118 以外の光スイッチの構成は、第 1 の実施の形態と同じであるので説明を省略する。

#### 【0081】

第 6 の実施の形態のミラー 118 は、図 18 (a), (b) に示したように、2 本の支持部 102 に、それぞれ接続部 104 を介してさらに支持部 103 を接続し、2 本の支持部 103 が反射部支持部 105 を支持している。反射部支持部 105 には、反射部 101 が搭載されている。よって、反射部 101 は、反射部支持部 105 により、下側から支えられた構造となる。支持部 103 は、支持部 102 と同様に、A1 膜 103a と窒化シリコン膜 103b とを積層した構造であるが、湾曲の向きが支持部 102 の湾曲の方向とは逆に、上向きに凸となるように、A1 膜 103a と窒化シリコン膜 103b の積層の順が支持部 102 とは逆になっている。

#### 【0082】

ミラー 118 の構成は、第 5 の実施の形態のミラー 117 (図 16) の構成と似ているが、反射部 101 が下から支えられている点と、反射部 101 が支持部 102 の脚部 102c の近い位置に配置される点が異なる。このため、ミラー 118 は、反射部 101 が振動しにくい構成となっている。また、入射光を脚部 102 側から反射部 101 に入射させた場合に、支持部 102 の先端が、反射部 1

01の後ろ側に位置するため、反射光の光路を広く確保することができるという利点がある。

### 【0083】

本実施の形態のミラー118の製造手順を図20(a)～(c)、図21(d)～(f)を用いて説明する。支持部102、103、接続部104、反射部支持部105、反射部101は、図19のような配置および形状にパターンニングされる。なお、支持部102の窒化シリコン膜102aと、支持部103の窒化シリコン膜103bと、接続部104と、反射部支持部105とが、一層の窒化シリコン膜をパターンニングすることにより同時に形成される。まず、可動板21の上に、レジスト層81を形成し、支持部102の脚部102cを形成すべき位置に、開口81aをフォトリソグラフィーにより形成する(図20(a))。つぎに、接続部104ならびに反射部支持部105を形成すべき位置に、レジストアイランド201を形成する(図20(b))。つぎに、支持部103のAl膜103aを成膜し、フォトリソグラフィとエッチングの手法により図19の支持部103の形状にパターンニングする(図20(c))。つぎに、窒化シリコン膜とAl膜102bを順に成膜する(図21(d))。成膜したAl膜102bを図19の支持部102の形状にパターンニングした後、窒化シリコン膜を、支持部102、接続部104、支持部103、反射部支持部105の形状にパターンニングする(図21(e))。これにより、支持部103の窒化シリコン膜103bと、接続部104と、反射部支持部105とが一度に形成される。

### 【0084】

全面にレジスト層141を形成し、反射部支持部105の接続部105bとなる位置に開口を形成し、この上にさらに、レジスト層82を形成し、反射部101の縁101aの内側形状部分を残して除去し、レジストアイランドを形成する。レジスト層82の反射部支持部105の接続部105bとなる位置に開口を形成した後、全面にAl膜101を成膜して、反射部101の形状にパターンニングする(図21(f))。最後に、アッシングにより、犠牲層のレジスト層81、141、82を除去する。これにより、支持部102および支持部103が湾曲して立ち上がり、図18(a)、(b)のミラー118を製造することができる。

。

#### 【0085】

(第7の実施の形態)

つぎに、第7の実施の形態として、上述の第1～第6の実施の形態の光スイッチを用いた光スイッチング装置1について図22を用いて説明する。

#### 【0086】

図22の光スイッチング装置は、第1の実施の形態の光スイッチを基板11上に縦横に配列した構成であり、基板11の下部には温度調整装置222としてペルチェ素子が配置されている。基板11の一辺には、スイッチングすべき光を出射する光ファイバ2が並べて配置され、出射された光の光路上には、それぞれ光スイッチのミラー12が位置するように、位置合わせされている。また、基板11の一辺には、ミラー12で反射された光が入射する位置に光ファイバ4が並べて配置されている。また、光ファイバ2と、基板11を挟んで向かい合う位置には、光ファイバから出射された光がミラー12を通過した場合に入射する位置に光ファイバ3が配置されている。

#### 【0087】

また、本実施の形態の光スイッチング装置1は、各光スイッチの電極23aと基板11間に印加する電圧を制御する制御回路6を有している。

#### 【0088】

よって、本実施の形態の光スイッチング装置1では、制御回路6が光スイッチの電極23aと基板11との間に電圧Vを印加した場合には、図6に示したように、可動板21が凹部13の底部に位置するため、ミラー12も凹部13内に引き込まれ、光ファイバ2から出射された光束はミラー12の上を通過して、光ファイバ3に入射し、光ファイバ3を伝搬する。一方、制御回路6が光スイッチの電極23aと基板11との間に電圧Vを印加していない場合には、可動板21は、基板11の上面位置に位置するため、ミラー12は基板11上に突出して光路中に挿入された状態となる。よって、光ファイバ2から出射された光束は、ミラー12で反射され、光ファイバ4に入射して光ファイバ4を伝搬する。

#### 【0089】

よって、光スイッチング装置 1 を構成する各光スイッチごとに、制御回路 6 が電圧 V を印加するかどうかを制御することにより、3 本の光ファイバ 2 から出射された光を、それぞれ独立にスイッチングして、光ファイバ 4 または光ファイバ 3 に入射させることができる。

#### 【0090】

また、図 22 では、第 1 の実施の形態のミラー 12 を用いた光スイッチにより、光スイッチング装置 1 を構成した例について説明したが、同様に第 2 ～第 6 の実施の形態の光スイッチにより、光スイッチング装置 1 を構成することができる。なお、第 2 ～第 4、第 6 の実施の形態の光スイッチを用いる場合、温度調節装置 222 を備えない構成にすることができる。

#### 【0091】

図 22 の光スイッチング装置 1 は、第 1 ～第 6 の実施の形態の光スイッチを用いるため、ミラーの反射部 101 の反射率が高く、しかも、ミラーの反射部 101 の反射面を基板 11 の主平面に対して精度良く垂直に維持することができる。これにより、光スイッチング装置 1 は、高反射率で光を反射して、光ファイバ 2 または光ファイバ 4 の端面に精度良く入射させることができるため、光損失が少ない。

#### 【0092】

(第 8 の実施の形態)

つぎに、上述の第 1 ～第 6 の実施の形態のミラーを用いた別の構成の光スイッチについて説明する。

#### 【0093】

本実施の形態の光スイッチは、図 23 のように基板 230 上に可動板 231 を配置し、可動板 231 の上に、第 1 ～第 6 の実施の形態のいずれかのミラーを搭載した構成である。ここでは、第 2 の実施の形態のミラー 112 を搭載した例を図示している。可動板 231 は、第 1 ～第 6 の実施の形態の支持部 102 と同様に、窒化シリコン膜と A1 膜との 2 層構造で形成され、一方の端部に設けられた脚部 231a により基板 230 に接続されている。また、基板 230 には、図示していないが、内部に電極が形成され、表面は絶縁膜で覆われている。よって、

可動板 231 の A1 膜と、基板 230 内部の電極との間に電圧を印加することにより、可動板 231 は静電力により基板 230 に引き寄せられ、図 25 (a) のように基板 230 に密着する。一方、可動板 231 の A1 膜と基板 230 の内部の電極との間に電圧を印加していない状態では、可動板 231 は、窒化シリコン膜と A1 膜の応力により図 25 (b) のように湾曲する。

#### 【0094】

また、本実施の形態の光スイッチは、図 24 のように、切り換えるべき光を伝搬する 4 本の光導波路 241, 242, 243, 244 が設けられた光導波路基板 240 を有している。光導波路基板 240 は、中央部に幅数十  $\mu\text{m}$  程度の溝 246 が備えられ、溝 246 の側面に光導波路 241, 242, 243, 244 の端面 241a, 242a, 243b, 244b が露出されている。端面 241a と端面 242a との間隔、ならびに、端面 243b と端面 244b との間隔は、図 25 (a)、(b) に示したようにミラー 112 の反射部 101 で覆うことのできる間隔に設計されている。

#### 【0095】

図 25 (a), (b) に示すように、可動板 231 の基板 230 上に、スペーサー 251 を介して、光導波路基板 240 を搭載することにより、光スイッチが構成される。このとき、溝 246 に、ミラー 112 の反射部 101 が挿入できるように位置合わせして搭載する。

#### 【0096】

これにより、可動板 231 の A1 膜と基板 230 内部の電極との間に電圧を印加している状態では、図 25 (a) のように可動板 231 が静電力により基板 230 に引き寄せられ、ミラー 112 の反射部 101 は、光導波路 243、244 の端面 243b, 244b より下側に位置する。よって、例えば、光導波路 243 の端面 243a から光を入射した場合、光導波路 243 を伝搬した光は、端面 243b から出射され、そのまま対向する光導波路 242 の端面 242a に入射し、光導波路 242 を伝搬して端面 242b から出射される。また、例えば、光導波路 241 の端面 241b から光を入射した場合、光導波路 241 を伝搬した光は、端面 241a から出射され、そのまま対向する光導波路 244 の端面 24

4 b に入射し、光導波路 2 4 4 を伝搬して端面 2 4 4 a から出射される。

【0097】

一方、可動板 2 3 1 の A 1 膜と基板 2 3 0 内部の電極との間に電圧を印加していない状態では、図 2 5 (b) のように可動板 2 3 1 が、窒化シリコン膜と A 1 膜の応力により湾曲し、ミラー 1 1 2 の反射板 1 0 1 は、光導波路 2 4 3、2 4 4 の端面 2 4 3 b、2 4 4 b を覆うように位置する。よって、例えば、光導波路 2 4 3 の端面 2 4 3 a から光を入射した場合、光導波路 2 4 3 を伝搬した光は、端面 2 4 3 b から出射され、ミラー 1 1 2 の反射部 1 0 1 で反射されて、光導波路 2 4 4 の端面 2 4 4 b に入射し、光導波路 2 4 4 を伝搬して端面 2 4 4 a から出射される。また、例えば、光導波路 2 4 1 の端面 2 4 1 b から光を入射した場合、光導波路 2 4 1 を伝搬した光は、端面 2 4 1 a から出射され、ミラー 1 1 2 の反射部 1 0 1 で反射され、光導波路 2 4 2 の端面 2 4 2 a に入射し、光導波路 2 4 2 を伝搬して端面 2 4 2 b から出射される。

【0098】

また、図 2 5 (b) のように可動板 2 3 1 が上側に位置するときには、ミラー 1 1 2 のストップ部 9 1、9 2 が手前に張り出しているため、ストップ部 9 2 の上端 9 2 a が光導波路基板 2 4 0 の下面 2 4 0 a に接触し、ミラー 1 1 2 の反射部 1 0 1 が図 2 5 (b) の位置以上に溝 2 4 6 に入り込まないように阻止するストッパーの役目を果たす。これにより、ミラー 1 1 2 の反射部 1 0 1 の上端が、溝 2 4 6 の上面 2 4 6 a にぶつかることがないため、反射部 1 0 1 が変形する恐れがない。よって、反射部 1 0 1 の反射面を基板 2 3 0、2 4 0 の主平面に垂直に維持することができ、精度良く所望の方向に光を反射できる。

【0099】

なお、本実施の形態の光スイッチの構成としては、ミラー 1 1 2 に代えて、第 1 の実施の形態のミラー 1 2 や、第 3 ～第 6 の実施の形態のミラー 1 1 3、1 1 6、1 1 7、1 1 8 を用いることができる。

【0100】

上述してきたように、第 1 ～第 8 の実施の形態の光スイッチは、ミラーの反射部 1 0 1 として、薄膜を支持部 1 0 2 で垂直に持ち上げた構成であるため、反射

部 101 の反射面として、薄膜の主平面を用いることができる。よって、反射面を容易に滑らかに形成できるため、高い反射率を得ることができる。また、支持部 102 を、2 層の薄膜を積層した構造としているため、反射部 101、支持部 102 をいずれも薄膜製造プロセスにより製造することができ、製造が容易であるという利点も得られる。しかも、支持部 102 および反射部 101 を立ち上げらせるための犠牲層として、本実施の形態では感光性樹脂のレジスト膜を用いているため、無機の酸化膜や窒化膜を用いる場合と比較して、犠牲層の除去を特別な装置を用いることなく、アッシング工程により容易に行うことができる。このため、ミラーの製造をより容易に行うことができる。

#### 【0101】

また、上述の各実施の形態では、ミラーを搭載する可動板 21、231 の駆動を静電力により行っているが、可動板 21、231 の駆動方法は、静電力に限らず、他の手法により行うことが可能である。例えば、ローレンツ力を利用することができる。

#### 【0102】

また、上述の各実施の形態では、反射部 101 を Al 膜により形成しているが、Au 等他の材料を用いることももちろん可能である。また、支持部 102 の膜構成も、本実施の形態の Al 膜と窒化シリコン膜の構成に限られるものではなく、必要な湾曲状態が得られる構成であれば、他の材料の膜や、3 層以上の膜構成にすることができる。

#### 【0103】

#### 【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、光束を所望の方向へ反射可能な光反射部を備えた光学素子を提供することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】 図 1 (a) は、本発明の第 1 の実施の形態の光スイッチのミラー 12 の A-A 断面図であり、図 1 (b) は、図 1 (a) のミラー 12 の D 矢視図である。

【図 2】 図 2 は、本発明の第 1 の実施の形態の光スイッチの上面図である。

【図 3】 図 3 は、本発明の第 1 の実施の形態の光スイッチの B-B 断面図である。

【図 4】 図 4 は、本発明の第 1 の実施の形態の光スイッチの C-C 断面図である。

【図 5】 図 5 は、本発明の第 1 の実施の形態の光スイッチに電圧を印加し、可動板 21 を下位置に移動させた場合の B-B 断面図である。

【図 6】 図 6 は、本発明の第 1 の実施の形態の光スイッチに印加する電圧と、ミラー 12（可動板 21）の位置との関係を示すグラフである。

【図 7】 図 7（a）および（b）は、本発明の第 1 の実施の形態の光スイッチの製造工程を示す断面図である。

【図 8】 図 8（c）～（g）は、本発明の第 1 の実施の形態の光スイッチのミラーの製造工程を示すための可動板 21 の拡大断面図である。

【図 9】 図 9（h）は、本発明の第 1 の実施の形態の光スイッチの製造工程を示す断面図である。

【図 10】 図 10（a）は、本発明の第 2 の実施の形態の光スイッチのミラー 112 の断面図であり、図 10（b）は、図 10（a）のミラー 112 の E 矢視図である。

【図 11】 図 11 は、本発明の第 2 の実施の形態の光スイッチのミラー 112 の製造工程のアッシング前の状態を示す上面図である。

【図 12】 図 12 は、本発明の第 3 の実施の形態の光スイッチのミラー 113 の断面図である。

【図 13】 図 13 は、本発明の第 3 の実施の形態の光スイッチのミラー 113 の製造工程のアッシング前の状態を示す上面図である。

【図 14】 図 14（a）～（e）は、本発明の第 3 の実施の形態の光スイッチのミラー 113 の製造工程を F-F 断面方向について示す断面図である。

【図 15】 図 15（a）は、本発明の第 4 の実施の形態の光スイッチのミラー 116 の側面図であり、図 15（b）は、本発明の第 4 の実施の形態の光スイッチのミラー 116 の製造工程のアッシング前の状態を示す上面図である。

【図 16】 図 16 は、本発明の第 5 の実施の形態の光スイッチのミラー 117 の

断面図である。

【図 17】図 17 は、本発明の第 5 の実施の形態の光スイッチのミラー 117 の製造工程のアッシング前の状態を示す上面図である。

【図 18】図 18 (a) は、本発明の第 6 の実施の形態の光スイッチのミラー 118 の断面図であり、図 18 (b) は、図 18 (a) のミラー 118 の G 矢視図である。

【図 19】図 19 は、本発明の第 6 の実施の形態の光スイッチのミラー 118 の製造工程のアッシング前の状態を示す上面図である。

【図 20】図 20 (a) ~ (c) は、本発明の第 6 の実施の形態の光スイッチのミラー 118 の製造工程を H-H 断面方向について示す断面図である。

【図 21】図 21 (d) ~ (f) は、本発明の第 6 の実施の形態の光スイッチのミラー 118 の製造工程を H-H 断面方向について示す断面図である。

【図 22】図 22 は、本発明の第 7 の実施の形態の光スイッチング装置を示す説明図である。

【図 23】図 23 は、本発明の第 8 の実施の形態の光スイッチの可動板 231 の構成を示す斜視図である。

【図 24】図 24 は、本発明の第 8 の実施の形態の光スイッチの光導波路基板 240 の構成を示す斜視図である。

【図 25】図 25 (a) は、本発明の第 8 の実施の形態の光スイッチの電圧印加時の構成を示す断面図であり、図 25 (b) は、本発明の第 8 の実施の形態の光スイッチの電圧を印加していない時の構成を示す断面図である。

#### 【符号の説明】

2, 3, 4...光ファイバ、11...基板、12...ミラー、13...凹部、21...可動板、22...絶縁膜、23a...電極、23b...配線、26...絶縁膜、27a, 27b...バネ部、81...レジスト層、82...レジスト層、91, 92, 93, 94...ストップ部、101...反射部、102...支持部、104...接続部、105...反射部支持部、112, 113, 114, 115, 116, 117, 118...ミラー、222...温度調節装置、230...基板、231...可動板、240...光導波路基板、241, 242, 243, 244...光導波路、246...溝、251...スペ

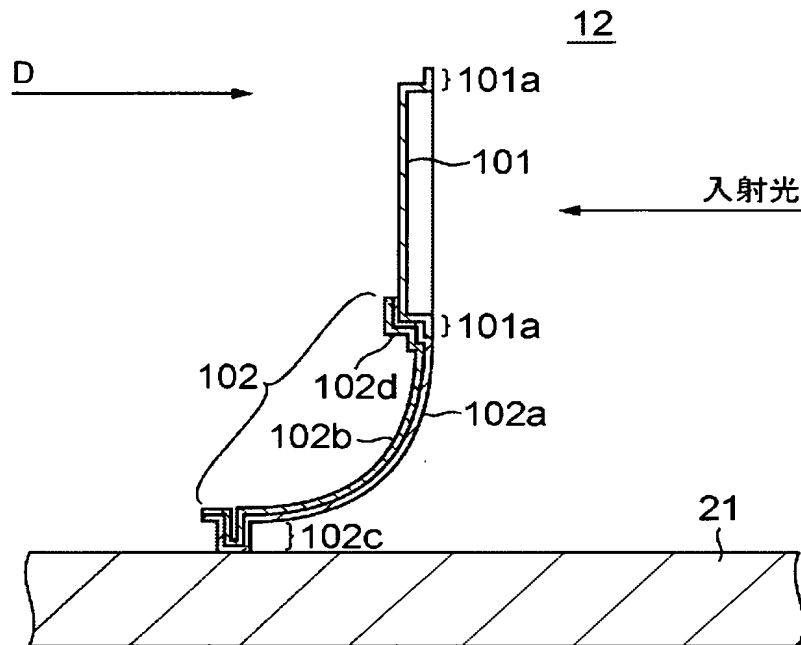
ーサー。

【書類名】 図面

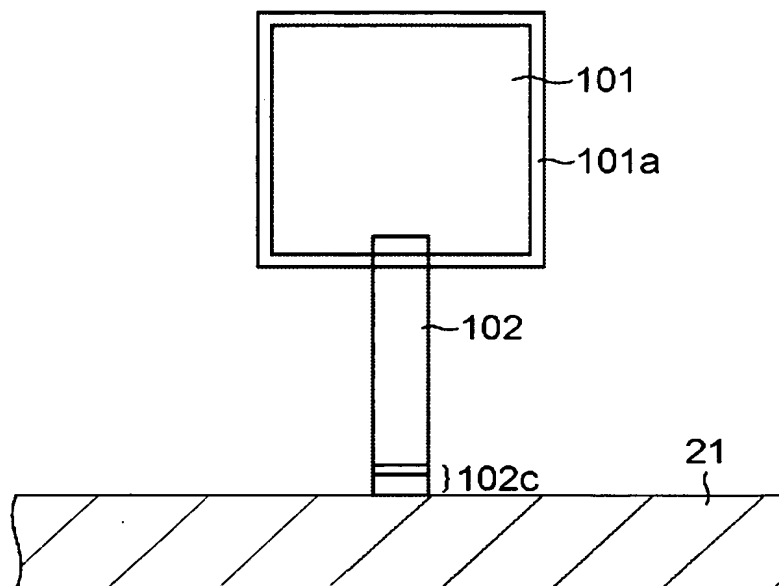
【図 1】

図 1

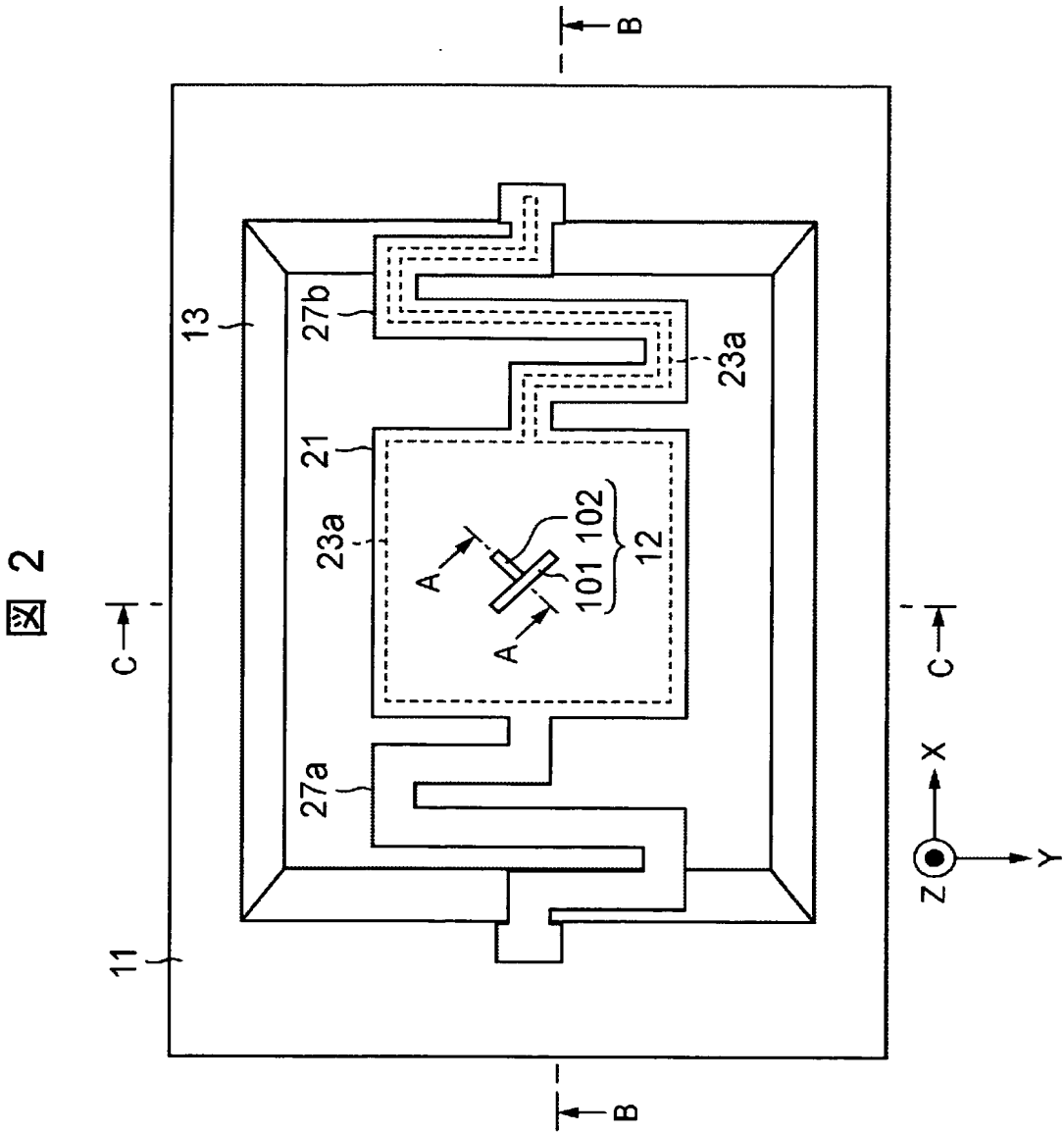
(a) A-A断面図



(b) D矢視図

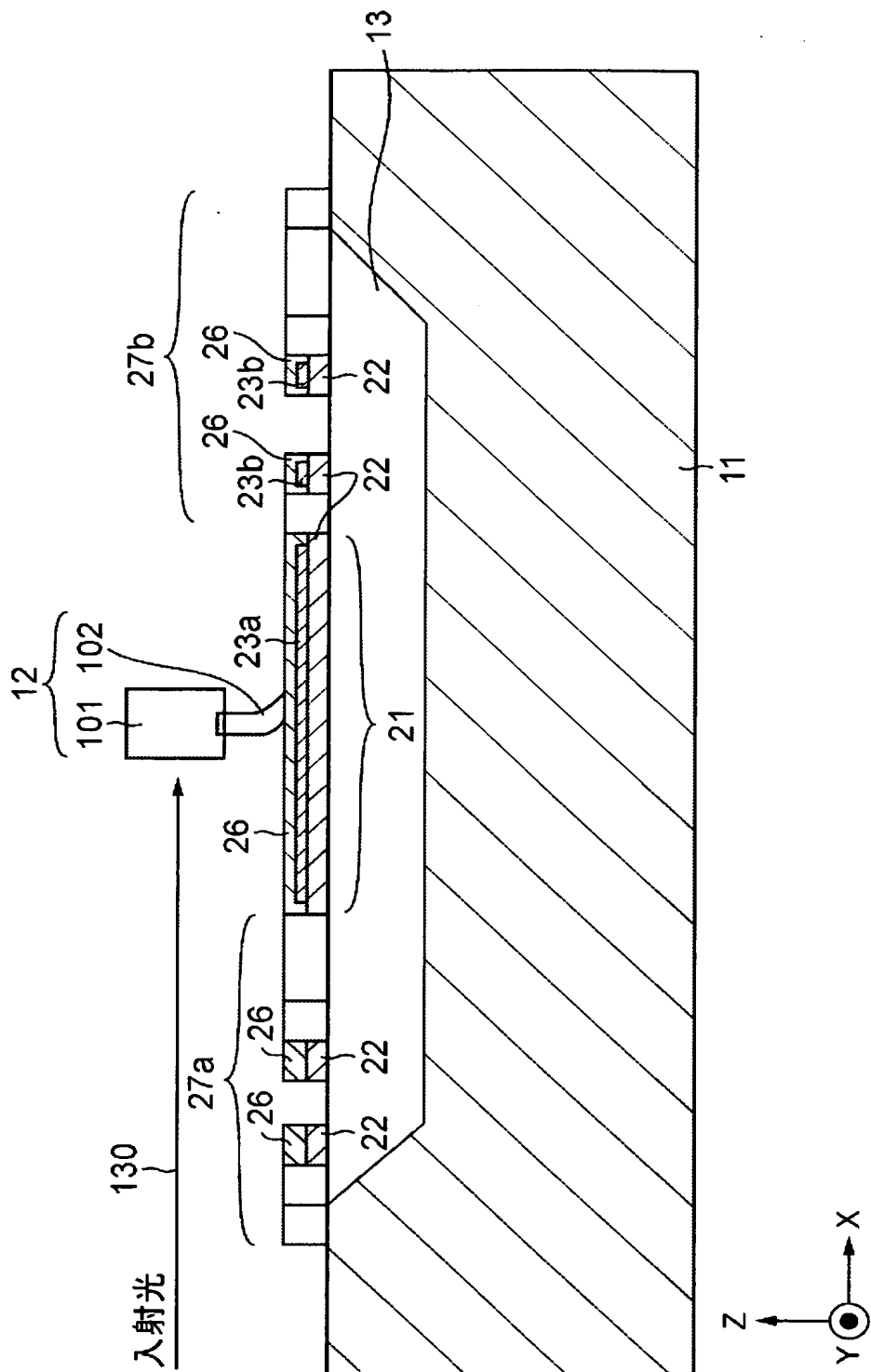


【図 2】



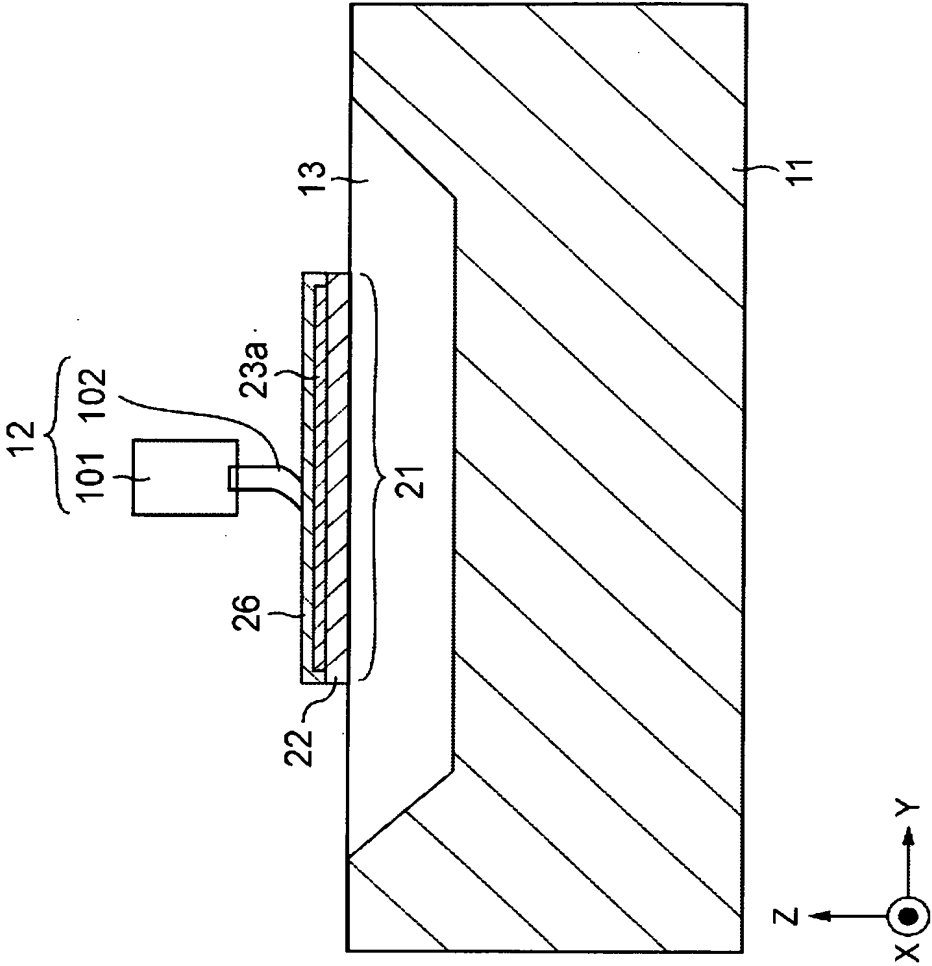
【図 3】

図 3 B-B断面図



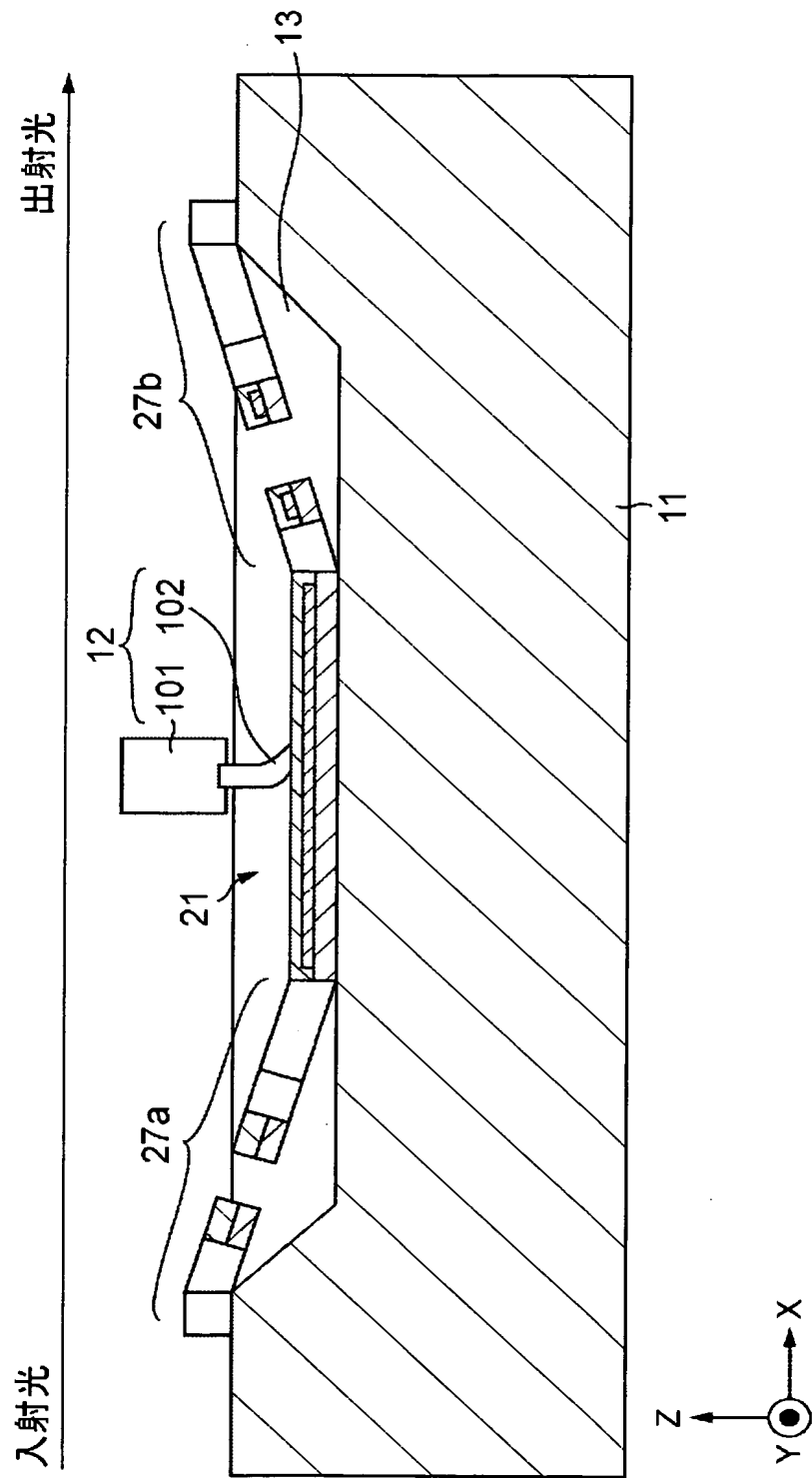
【図 4】

図 4 C-C断面図



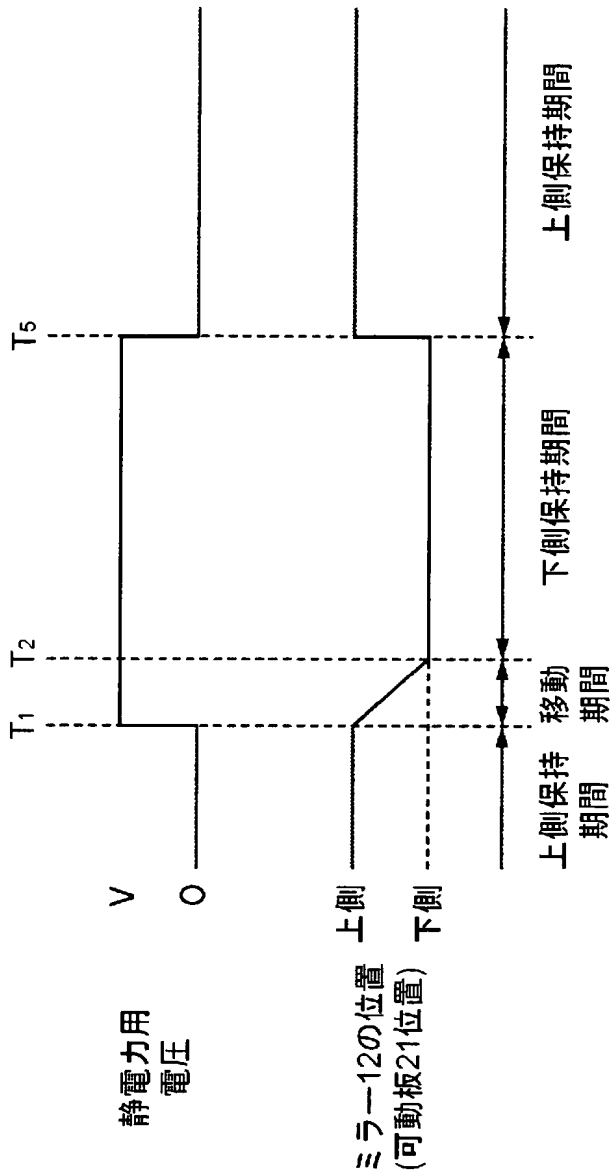
【図 5】

図 5 B-B断面図



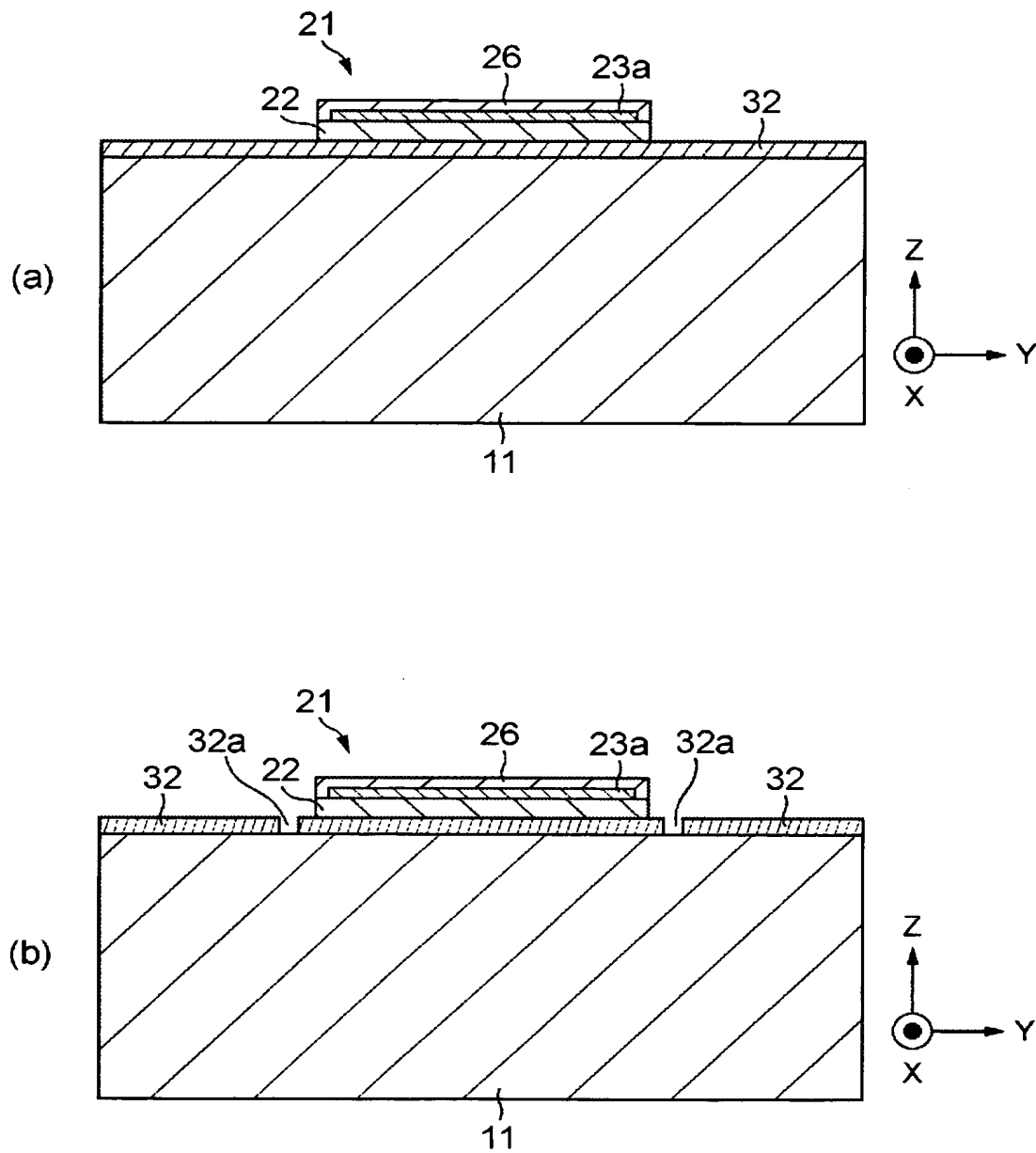
【図 6】

図 6



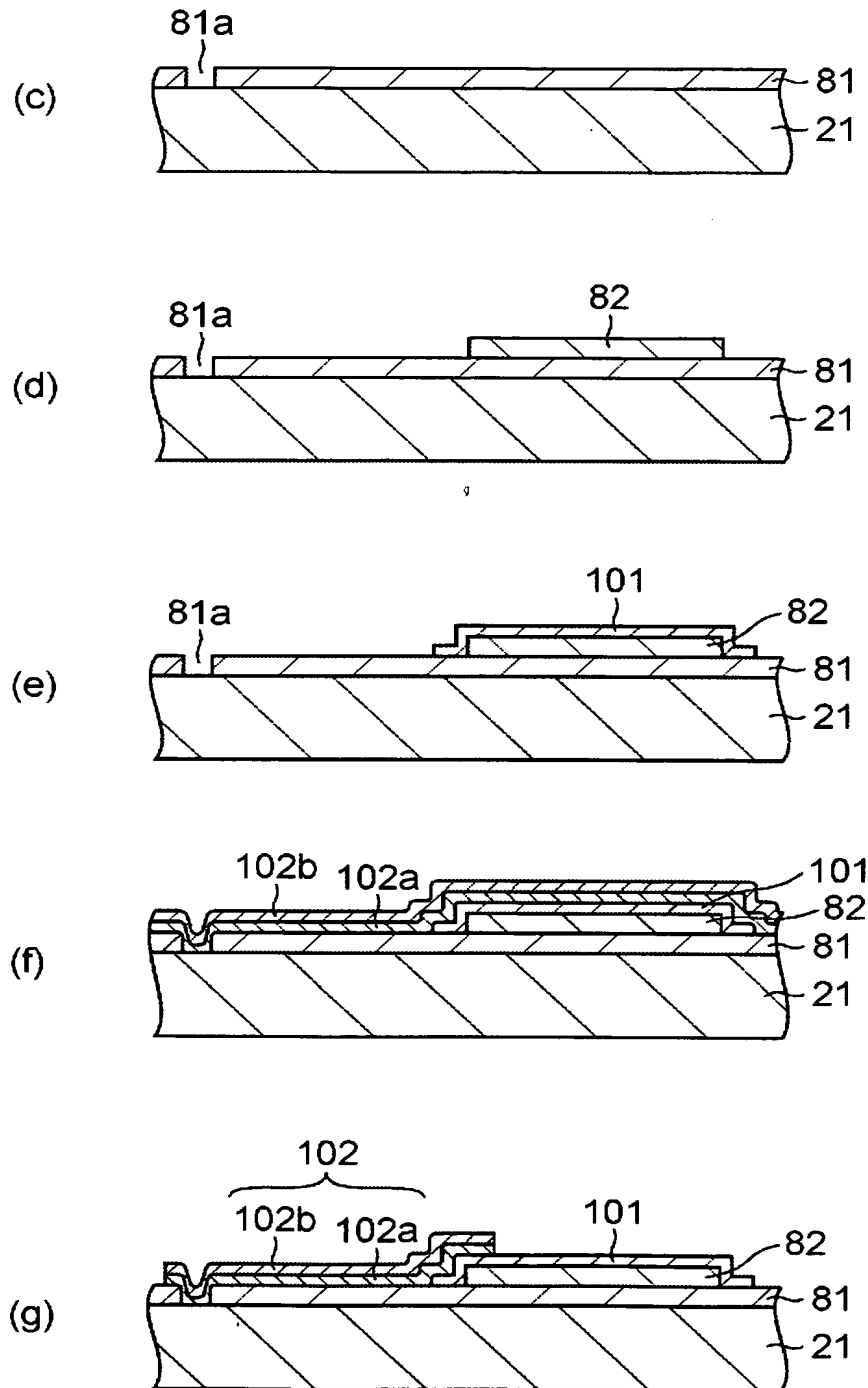
【図 7】

図 7



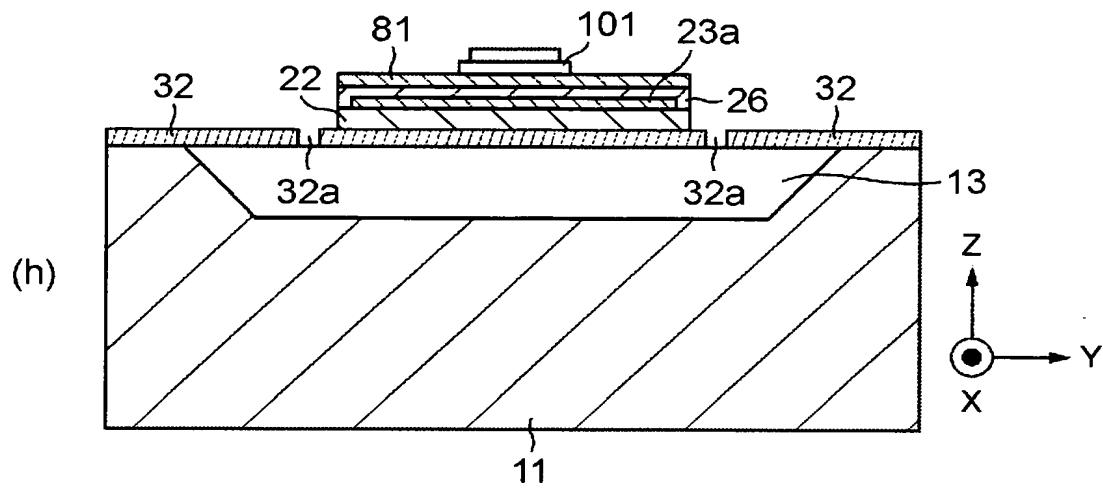
【図 8】

図 8



【図 9】

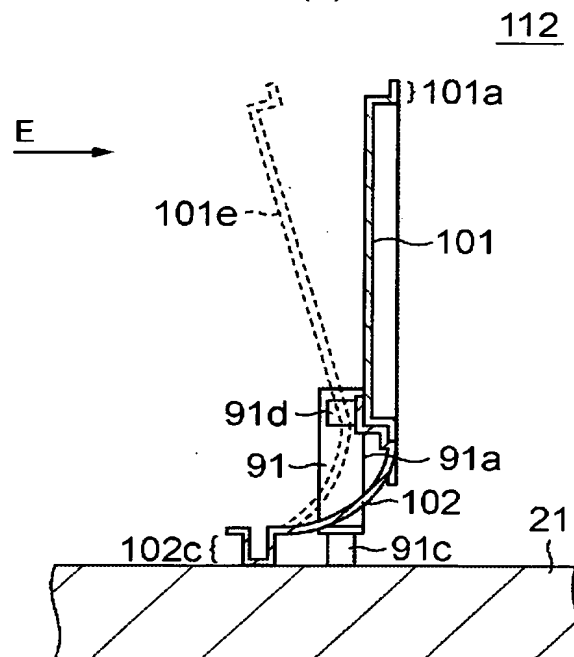
図 9



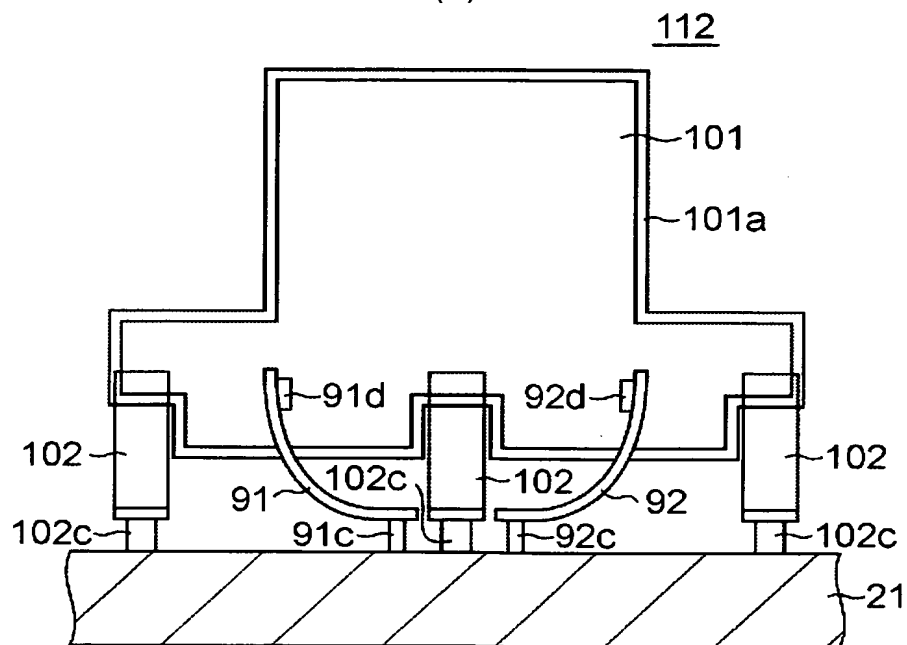
【図 10】

図 10

(a)

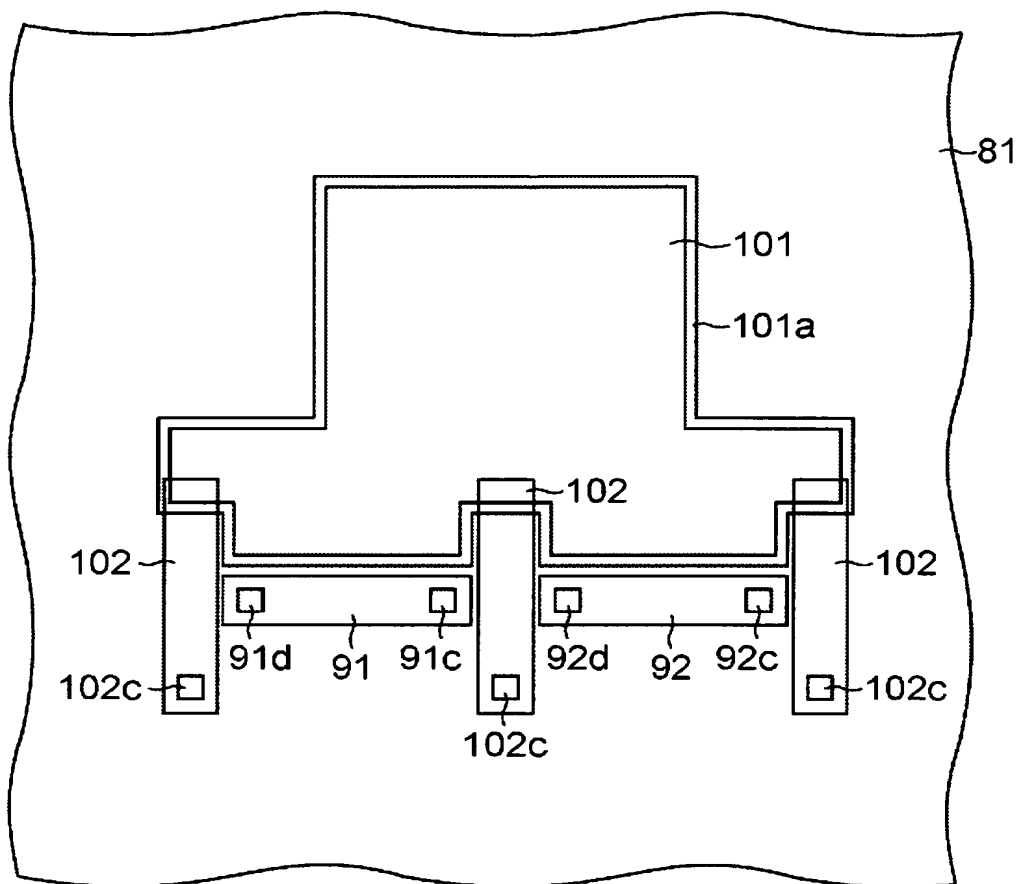


(b) E矢視図



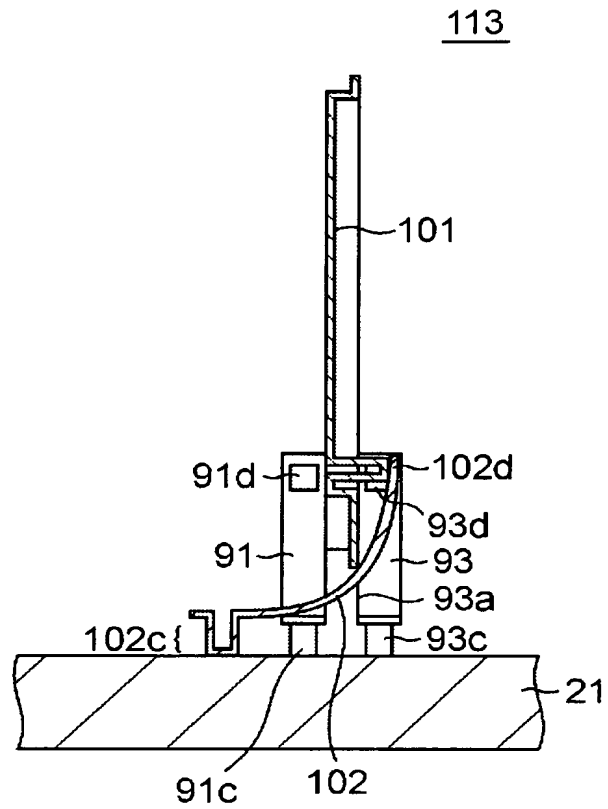
【図 11】

図 11



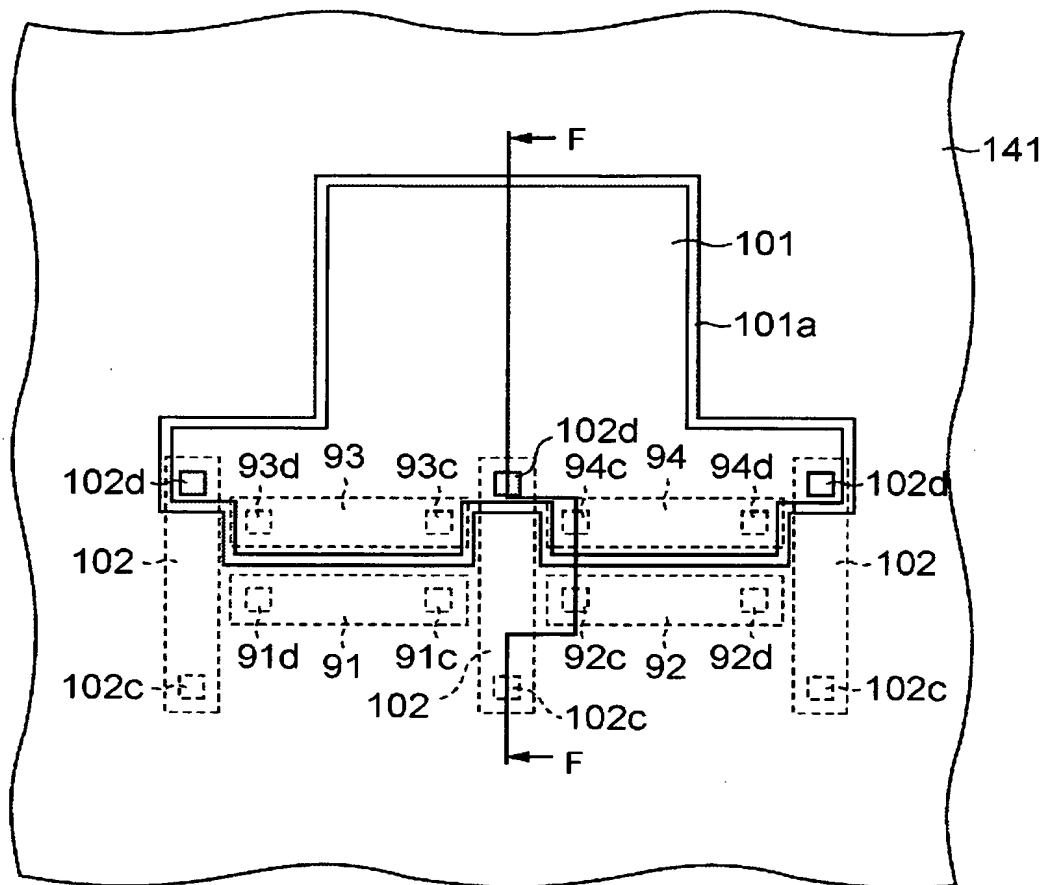
【図 12】

図 12



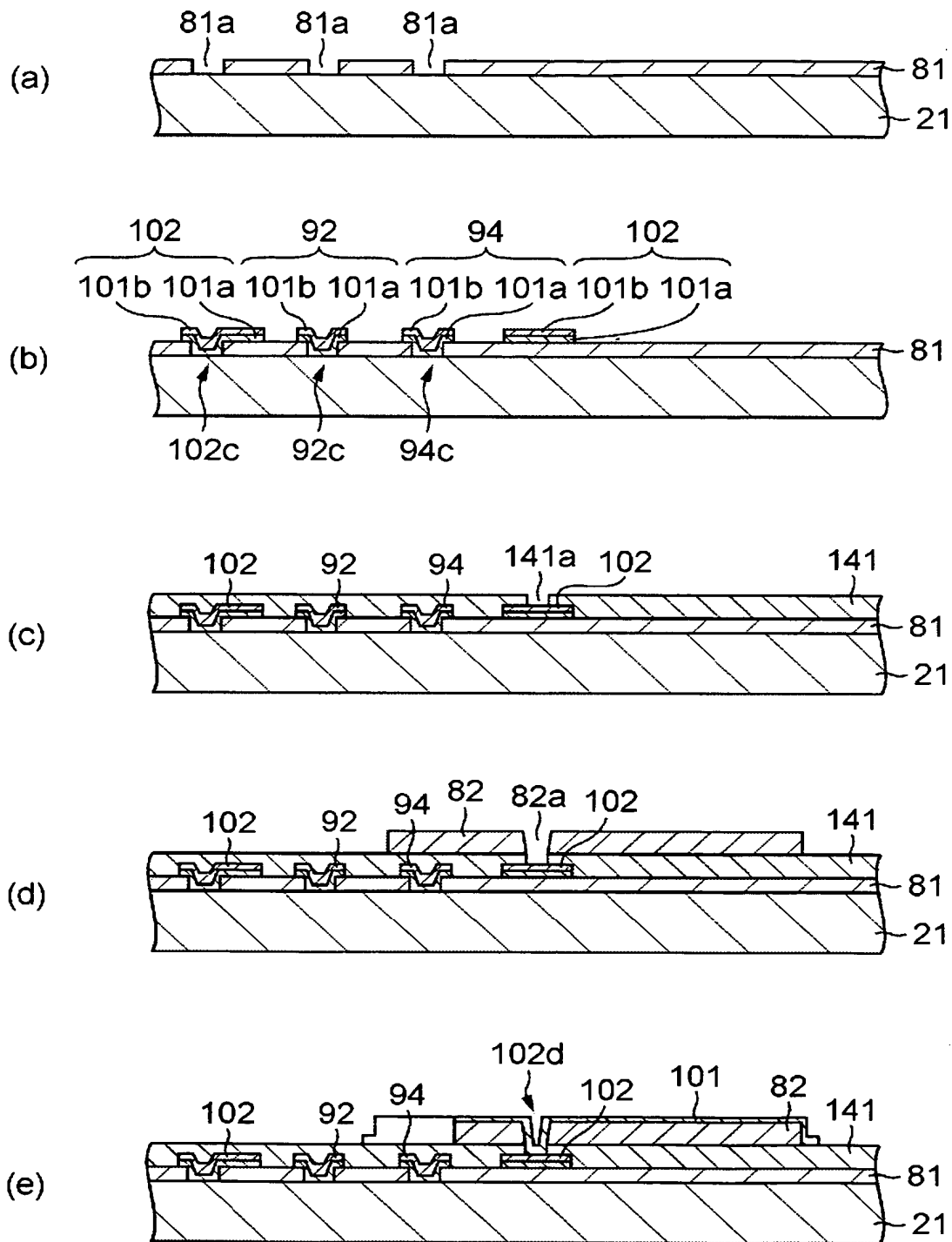
【図 13】

図 13



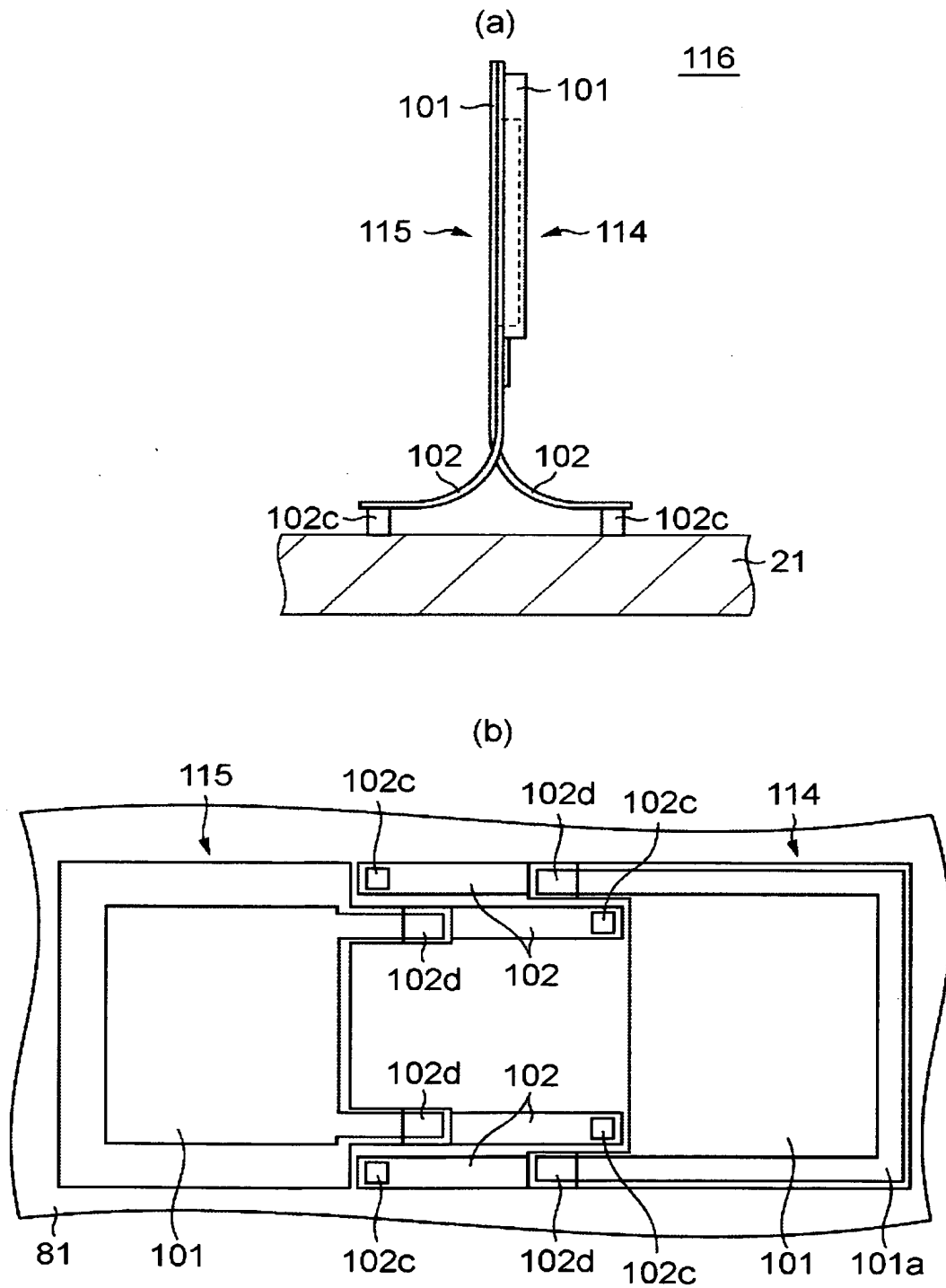
【図 14】

図 14 F-F断面図



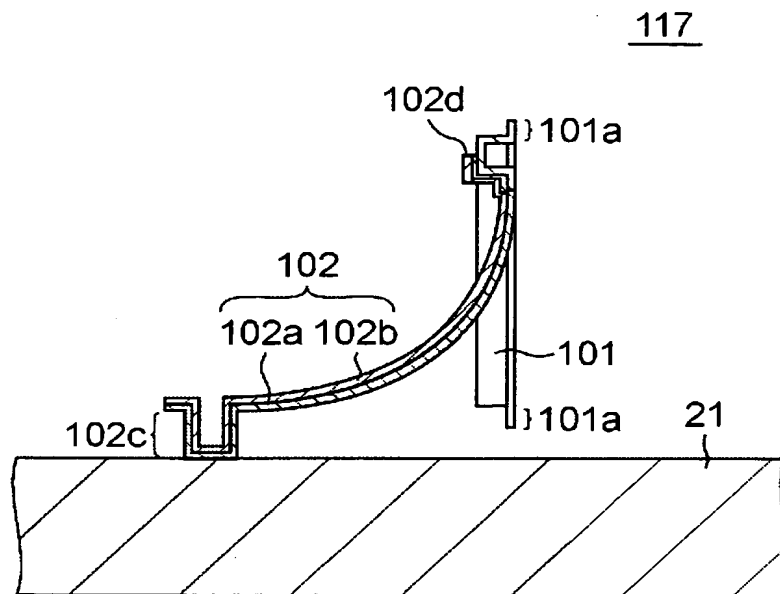
【図 15】

図 15



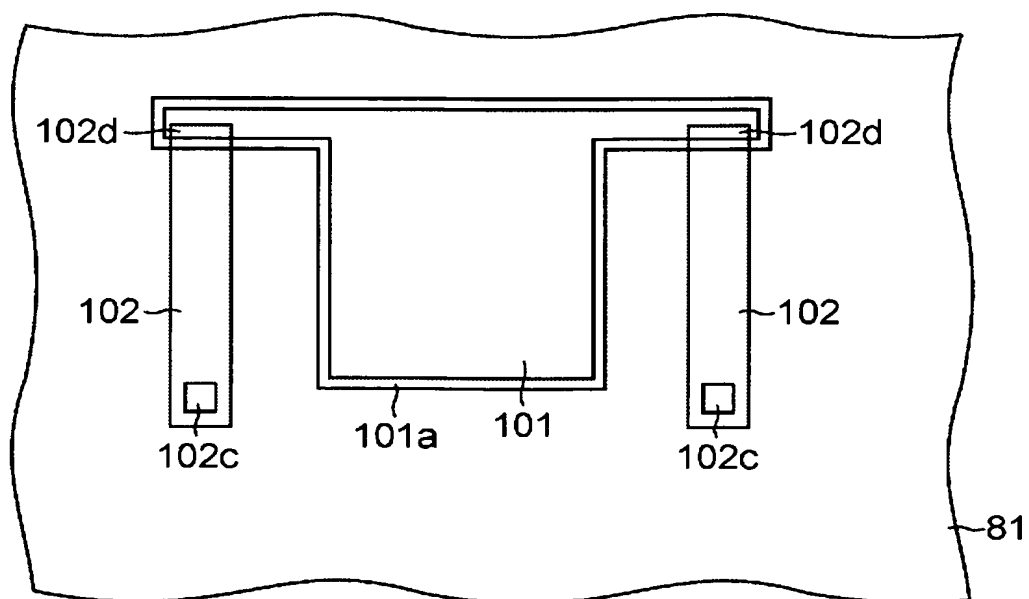
【図 16】

図 16



【図 17】

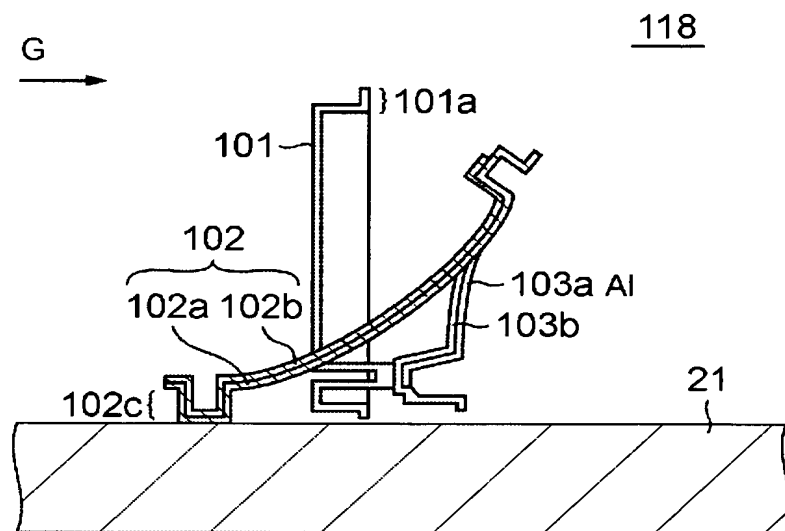
図 17



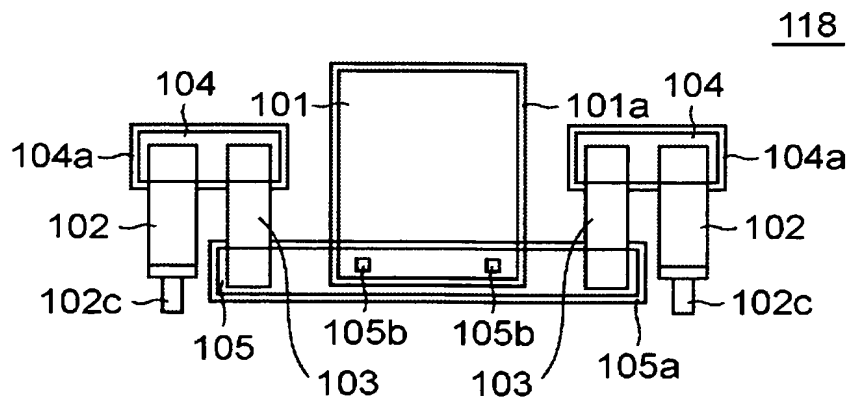
【図 18】

図 18

(a)

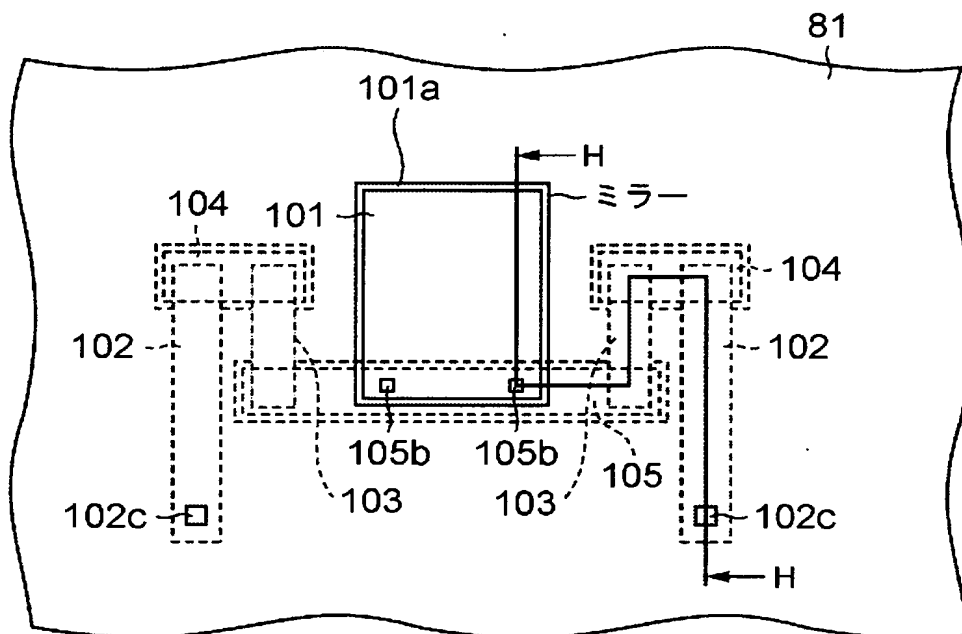


(b) G矢視図



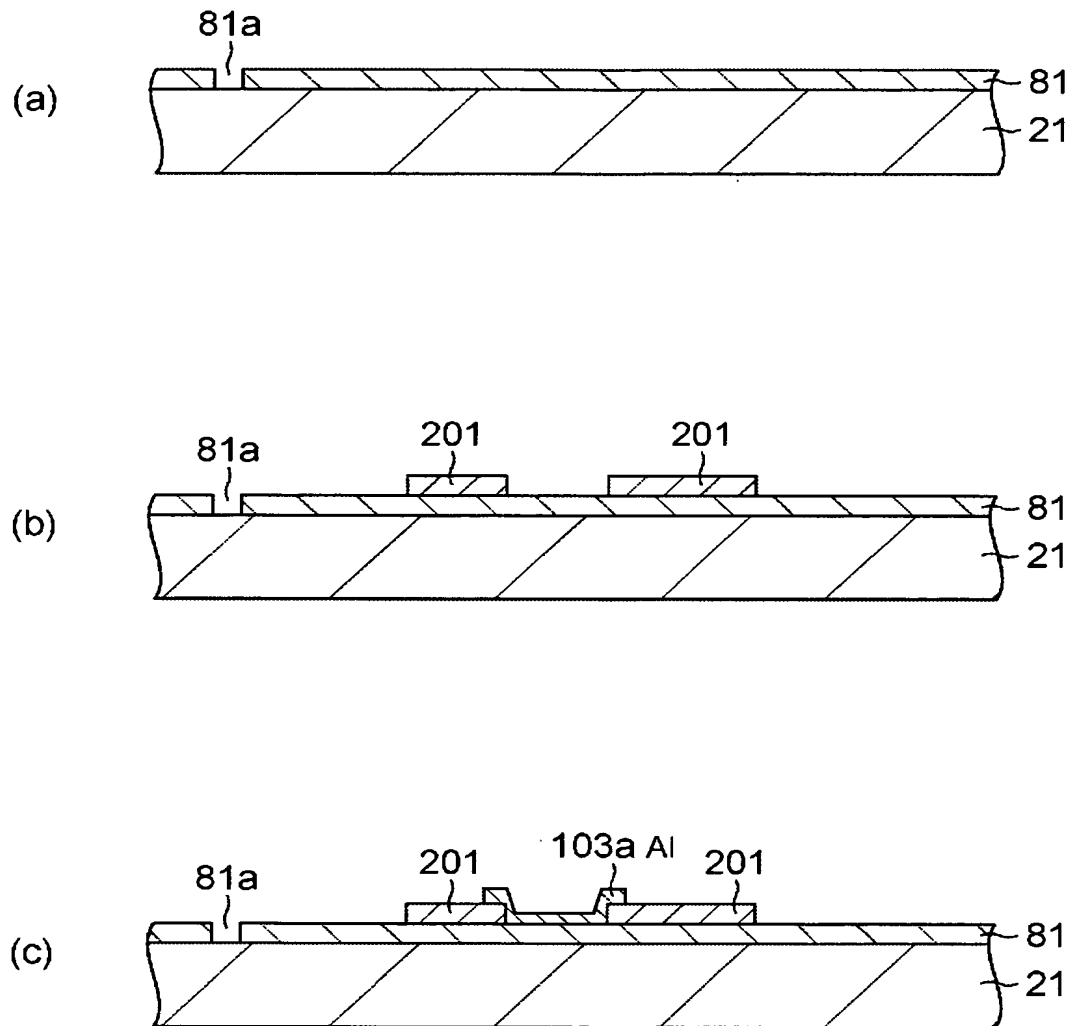
【図 19】

図 19



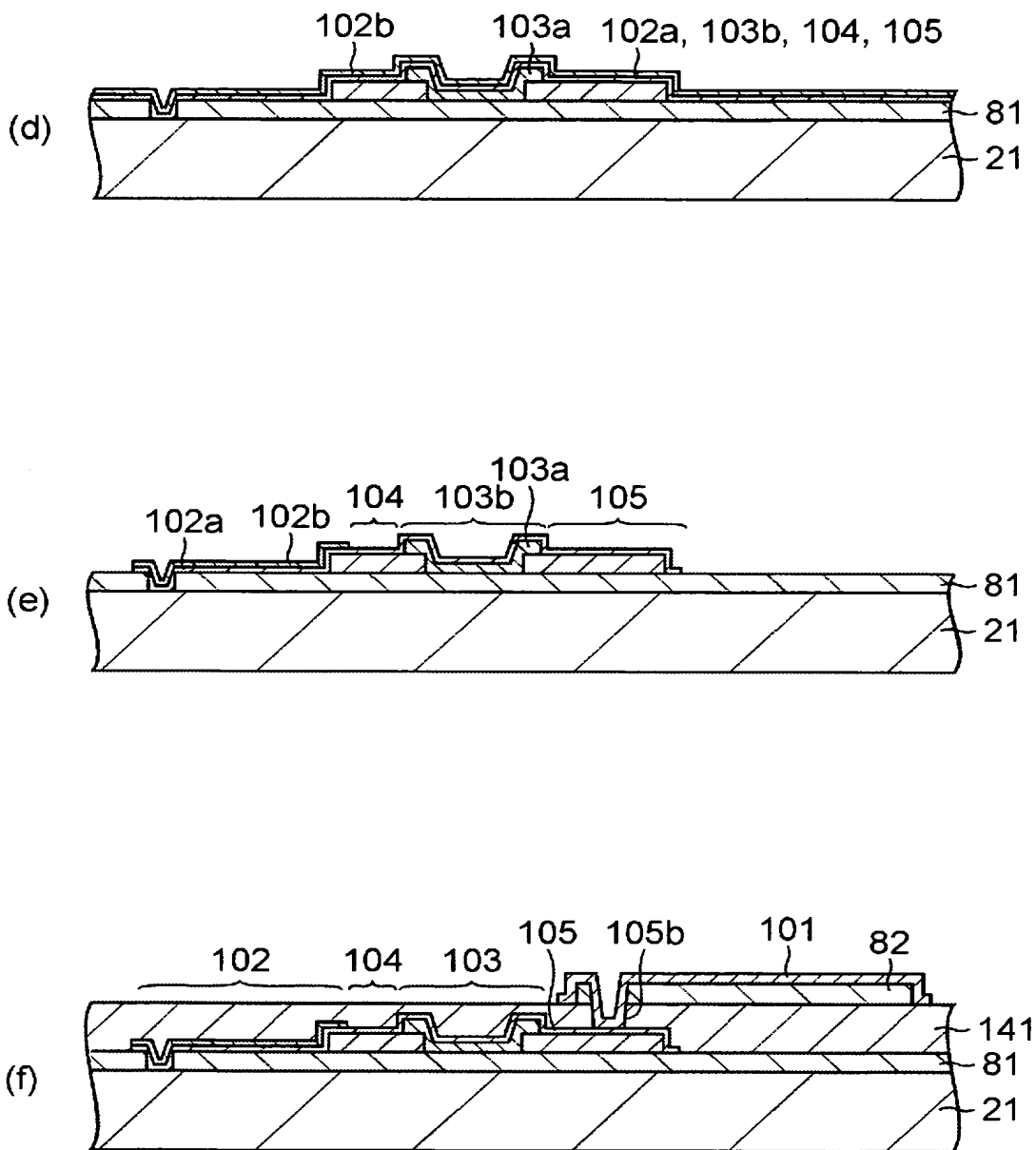
【図 20】

図 20 H-H断面図

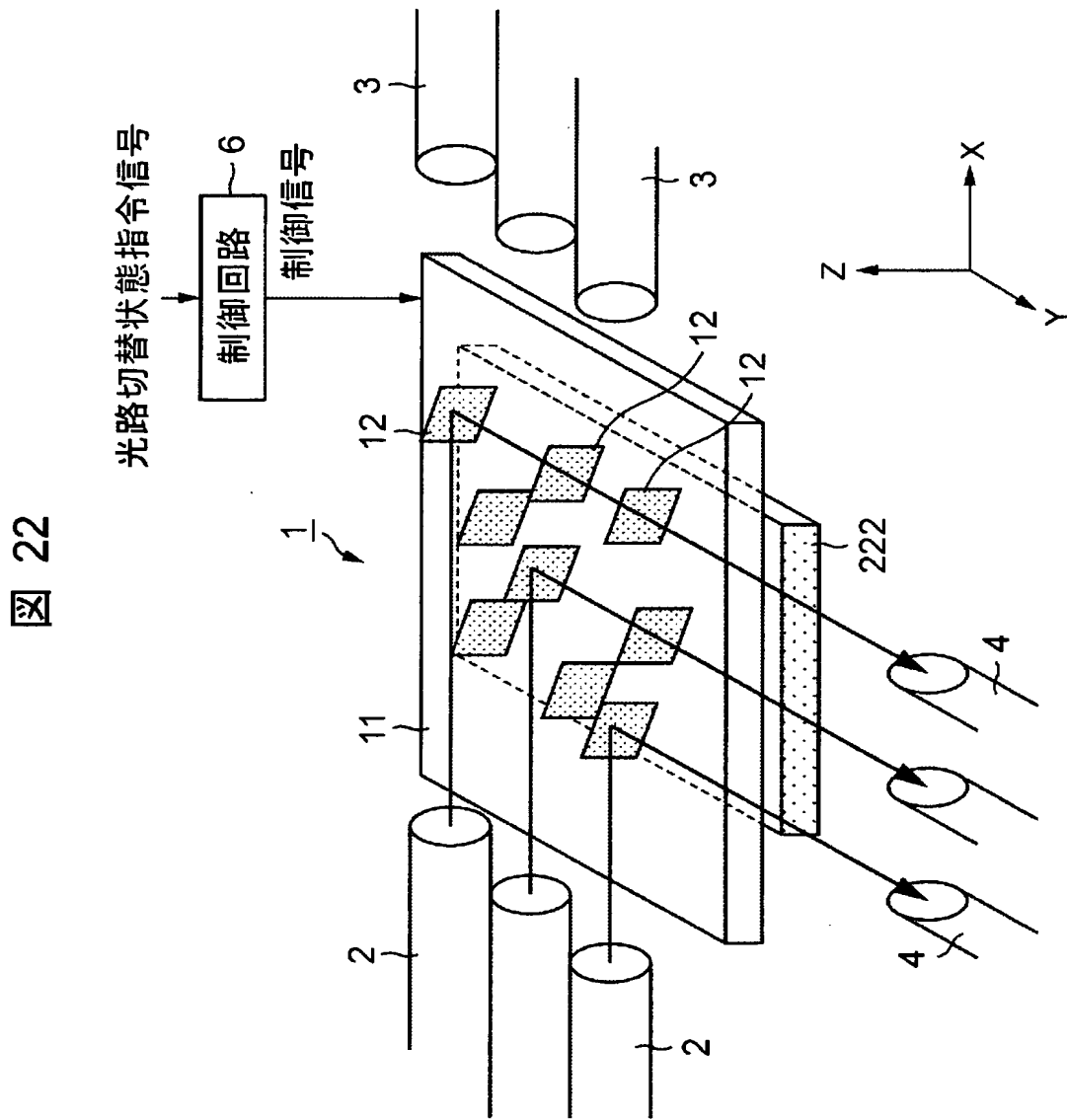


【図 21】

図 21 H-H断面図

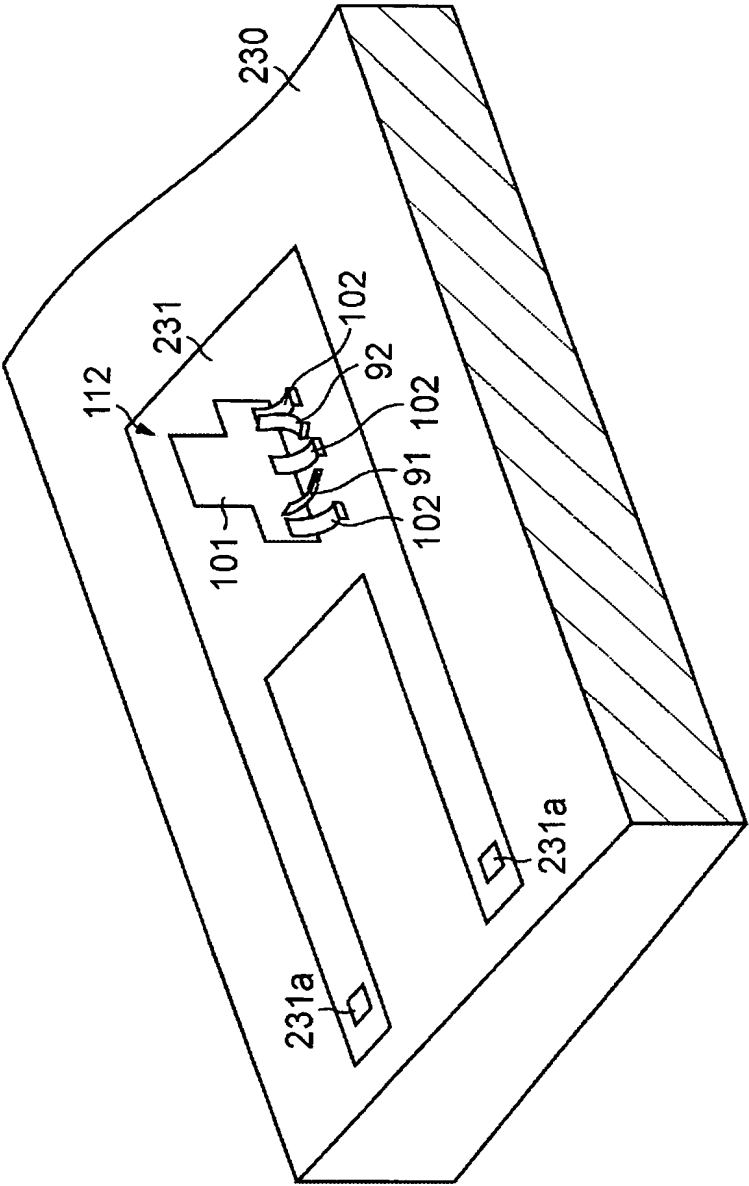


【図 22】



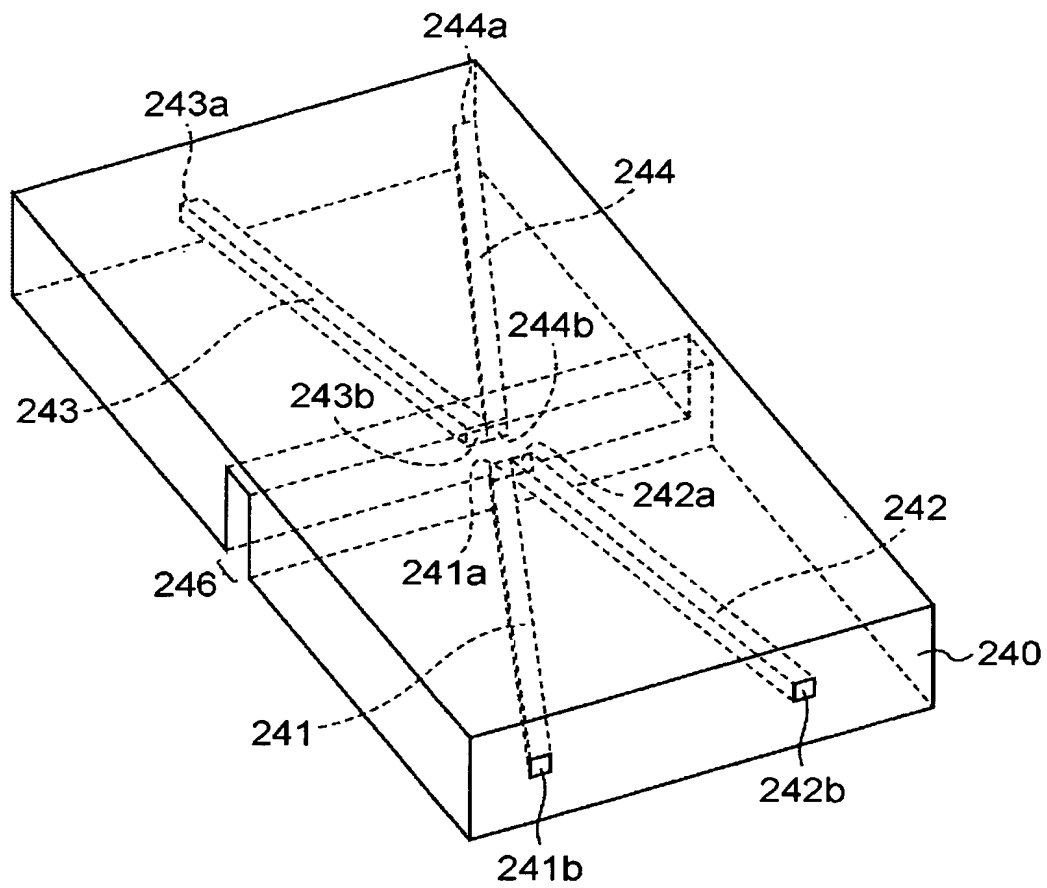
【図 23】

図 23



【図 24】

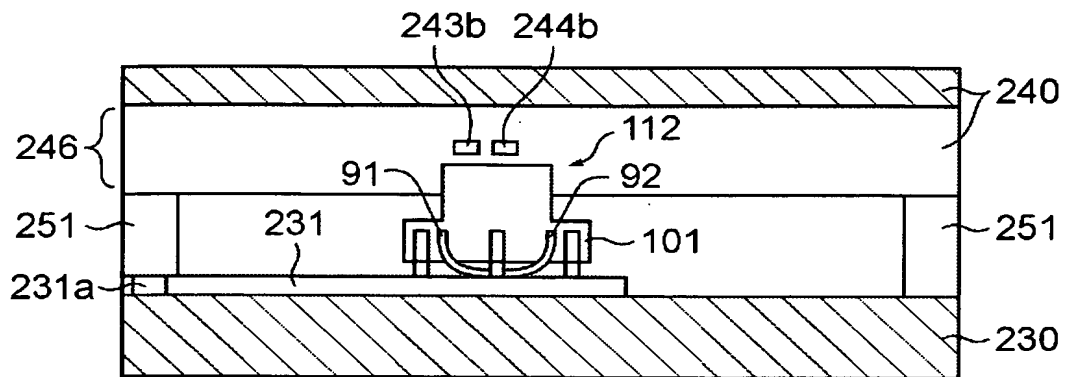
図 24



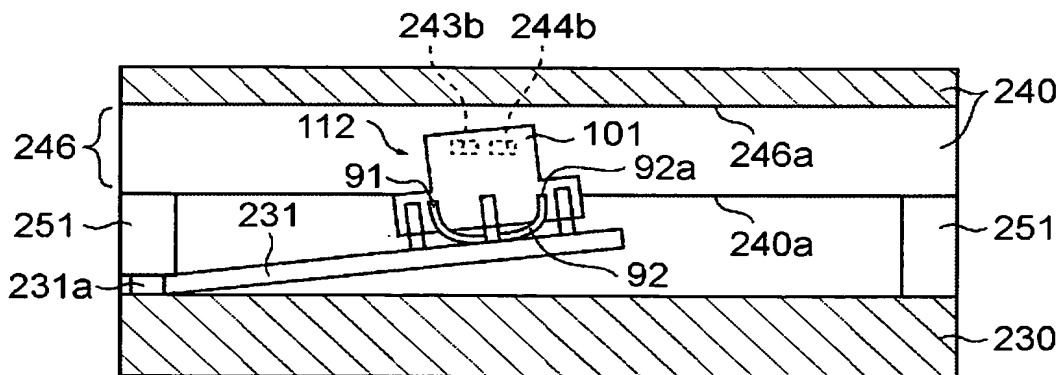
【図 25】

図 25

(a)



(b)



**【書類名】 要約書****【要約】**

**【課題】** 光束を所望の方向へ反射可能な反射ミラーを備えた光スイッチを提供する。

**【解決手段】** 基板 21 と、光反射部 101 と、光反射部 101 を基板 21 上に支持する支持部 102 とを有する。光反射部 101 および支持部 102 は、それぞれ、1 以上の膜によって構成される。支持部 102 は、一端 102c が基板 21 に固定され、先端 102d が光反射部 101 を構成する膜と接続され、一端 102c から先端 102d に向かって湾曲することにより、光反射部 101 を構成する膜の主平面を、基板 21 の主平面に対して非平行、例えば垂直に支持している。

**【選択図】** 図 1

特願 2 0 0 2 - 0 0 2 7 2 9

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 4 1 1 2 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号

氏 名

株式会社ニコン